



TUGAS AKHIR - TL141584

**PENGARUH METODE EKSTRAKSI KULIT PISANG CANDI
(*Musa spp.*) SEBAGAI GREEN CORROSION INHIBITOR
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA API 5L GRADE B PADA
LINGKUNGAN 3.5% NaCl**

Eka Amilia Rahmawati
NRP 2712 100 001

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Vania Mitha Pratiwi, ST., M.T

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - TL141584

**THE EFFECT EXTRACTION METHOD OF CANDIS BANANA
PEEL (*Musa spp.*) AS GREEN CORROSION INHIBITOR ON
API 5L GRADE STEEL IN THE NaCl 3,5% MEDIA**

Eka Amilia Rahmawati
NRP 2712 100 001

Advisor:

Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Vania Mitha Pratiwi, ST., M.T

DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

**PENGARUH METODE EKSTRAKSI KULIT PISANG
CANDI (*Musa Spp.*) SEBAGAI GREEN CORROSION
INHIBITOR TERHADAP LAJU KOROSI BAJA API 5L
GRADE B PADA LINGKUNGAN 3.5% NaCl**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Material dan Metalurgi
pada
Bidang Studi Korosi dan Kegagalan Material
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknik Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

EKA AMILIA RAHMAWATI

NRP. 2712 100 001

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA (Pembimbing I)

Vania Mitha Pratiwi ST., M.T. (Pembimbing II)



**PENGARUH METODE EKSTRAKSI KULIT PISANG
CANDI (*Musa Spp.*) SEBAGAI GREEN CORROSION
INHIBITOR TERHADAP LAJU KOROSI BAJA API 5L
GRADE B PADA LINGKUNGAN 3.5% NaCl**

Nama	: Eka Amilia Rahmawati
NRP	: 2712100001
Jurusan	: Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing	: Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA Vania Mitha Pratiwi, ST., M.T

Abstrak

Inhibitor kulit pisang candi memiliki potensi untuk dijadikan *Green Corrosion Inhibitor* karena mengandung antioksidan seperti tanin. Untuk mengolah kulit pisang candi menjadi inhibitor dapat dilakukan dengan beberapa metode ekstraksi. Dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisa pengaruh metode ekstraksi (maserasi, reflux dan Infudasi) terhadap kualitas hasil ekstrak dan pengaruhnya saat diaplikasikan sebagai inhibitor pada larutan elektrolit 3,5% NaCl, serta menentukan metode mana yang paling efektif untuk diaplikasikan dalam produksi skala industri. Untuk menganalisa pengaruh penambahan inhibitor hasil dari beberapa metode ekstraksi tersebut, maka dilakukan beberapa pengujian seperti uji spektrofotometri, FTIR, *weight loss*, Tafel, dan EIS. Hasil ekstraksi dari setiap metode menghasilkan ekstrak sebanyak 14,37 gr metode maserasi, 14,40 gr metode reflux dan 14,28 gr metode infudasi. Kandungan tanin dari setiap metode ekstraksi sebesar 1,19% metode maserasi, 1,29% metode reflux dan 1,30% metode infudasi. Efisien tertinggi yang diperoleh dari pengujian *weight loss* dari setiap metode sebesar 42,06% metode maserasi, 49,04% metode reflux dan 57,45% metode infudasi. Sedangkan dari pengujian Polarisation Potensiostatik didapat efisiensi tertinggi dari setiap metode sebesar 84,87% metode maserasi, 91,71% metode reflux dan 72,61% metode infudasi. Ditinjau dari

hasil pengujian yang telah dilakukan, metode yang paling efektif diterapkan dalam mengekstrak kulit pisang candi adalah metode infudasi dengan kandungan tanin dan effisien tertinggi. Serta waktu yang tidak lama yaitu 2 jam dan biaya yang tidak terlalu mahal, karena instrumen yang digunakan dapat diganti dengan instrumen konvensional.

Kata Kunci: *baja karbon rendah, inhibitor organik, NaCl 3,5%, Kulit Pisang.*

THE EFFECT EXTRACTION METHOD OF CANDIS BANANA PEEL (*Musa spp.*) AS GREEN CORROSION INHIBITOR ON API 5L GRADE STEEL IN THE NaCl 3,5% MEDIA

Student Name : Eka Amilia Rahmawati
Student ID : 2712100001
Department : Materials and Metallurgical Engineering
Advisor : 1. Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
2. Vania Mitha Pratiwi, S.T.,M.T.

Abstract

Inhibitors of banana skin has the potential to be a Green Corrosion Inhibitor because it contains antioxidants such as tannins. To cultivate the banana skin into inhibitor can be done by several methods of extraction. This study has the objective to analyze the influence of variations in methods of extraction (maceration, reflux and infuse) on the quality of the extract and its effect when applied as an inhibitor in the electrolyte solution of 3.5% NaCl, and determine which method is most effective for application in industrial-scale production , To analyze the effect of adding the inhibitor results of some of the extraction method, there will be some test. Test spectrophotometry, FTIR, weight loss, Tafel and EIS . The results of each method produces extract as much as 14.37 g for maceration method, 14.40 grams for reflux method and 14.28 grams for infuse method. Tannin content of each extraction from maceration, reflux, and infuse method are 1.19%, 1.29% and 1.30. The highest efficient obtained from the testing of each method of weight loss are 42.06% for maceration method, 49.04% for reflux method, and 57.45% infuse method. The result from potentiodynamic polarization testing obtained the highest efficiency from maceration, reflux, and infuse method are 84.87%, 91.71% and 72.61%. From the results of tests that have

been carried out, the most effective method for making banana peel extract is infuse method because it has the highest content of tannins ,can be done in short time and the cost is not too expensive, because the instruments used may be replaced with a conventional instrument.

Keywords: *low carbon steel, organic inhibitor, NaCl 3,5%, banana skin.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Metode Ekstraksi Kulit Pisang Candi (*Musa spp.*) Sebagai Green Corrosion Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B Pada Lingkungan 3.5% NaCl”**

Laporan tugas akhir ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan kerja praktik ini dapat diselesaikan berikut:

1. Orang tua, Ibu Ekapti Wahjuni Dj yang telah memberikan banyak doa, dukungan, semangat, cinta kasih motivasi dan inspirasi.
2. Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir penulis.
3. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir penulis
4. Dr. Agung Purniawan, ST., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
5. Dr. Lukman Noerochiem, S.T., M.Sc. selaku Kepala Program Studi S1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
6. Budi Agung Kurniawan, S.T., M. Sc. selaku Dosen Korosi yang banyak memberikan saran untuk penelitian ini.
7. Seluruh dosen Teknik Material dan Metalurgi yang telah membimbing penulis hingga terciptanya laporan ini.

8. Teman-teman seperjuangan pembimbingan, Indah Amalia, Adi Nugraha, Gabriell Asprilla H., Nur Aini, Yoshua Kusuma P., Hastya Anisa R
9. Keluarga Besar MT 14 dan Bebski-Bebski MT 14 yang tercinta, yang selalu memberikan kebahagiaan selama penulis berada di kampus Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
10. Teman-teman geng-gong yang telah selama 3 tahun ini selalu memberikan keceriaan, semangat dan doa.
11. Serta seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terima kasih atas dukungan dan bantuan teman-teman sekalian.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi dan Mekanisme Korosi	5
2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi	8
2.3 Korosi Baja pada Lingkungan NaCl 3,5 %	10
2.4 Pengendalian Korosi	11
2.5 Inhibitor Korosi	12
2.6 Ekstraksi	20
2.7 Evaporasi	21
2.8 Kulit Buah Pisang Sebagai Inhibitor Bahan Alam	22

2.9 Baja API 5L.....	26
2.10 Spektrofotometri	28
2.11 FTIR (Fourier Transformer Infrared)	29
2.12 Metode Pengurangan Berat (<i>weight loss</i>).....	31
2.13 TafelPolarisasi	33
2.14 EIS (<i>Electrochemichal Impedance Spectroscopy</i>).....	35
2.15 Penelitian Sebelumnya	35
2.15.1 Inhibitor Kulit Pisang	35
2.15.2 Komposisi Kandungan Kulit Pisang	38
2.15.3 Kandungan Antioksidan Kulit Pisang	38
2.15.4 KandunganTanin Kulit Pisang	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir.....	45
3.2 MetodePenelitian	45
3.3 Preparasi.....	46
3.3.1 Preparasi Kulit Pisang Candi	46
3.3.1.1 Preparas Inhibitor Menjadi Serbuk.....	46
3.3.1.2 Proses Ekstraksi Kulit Pisang Candi	46
3.3.2 Preparasi Spesimen Baja API 5L grade B	50
3.3.3 Preparasi Larutan Elektrolit	50
3.4 Pengujian.....	50
3.4.1 Pengujian Spektro Baja API 5L grade B	51
3.4.2 Pengujian Spektrofometri	51
3.4.3 PengujianFourier Transform Infra Red (FTIR).....	51

3.4.4 Pengujian <i>Weight Loss</i>	52
3.4.5 Pengujian Polarisasi Tafel	54
3.4.6 Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)	56
3.5 Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian	57
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Spektro Baja API 5L Grade B	61
4.2 Hasil Ekstraksi Kulit Pisang Candi	62
4.3 Hasil Pengujian Spektrofotometri	65
4.4 Hasil Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR)	68
4.4.1 Hasil Pengujian FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi	67
4.4.2 Hasil Pengujian FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux	71
4.4.3 Hasil Pengujian FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi	75
4.5 HasilPengujian Weight Loss.....	82
4.5.1PerhitunganAdsorpsi Isothermal.....	86
4.6 HasilpengujianPolarisasiPotensiodinamik.....	90
4.7 HasilpengujianEIS	92
4.8 Analisa Dana Pemrosesan	96
4.8.1MetodeMaserasi.....	96
4.8.2Metode Reflux	96
4.8.3MetodeInfudasi	97
4.9 Analisa Efisiensi Proses Ekstraksi Kulit Pisang Candi.....	97

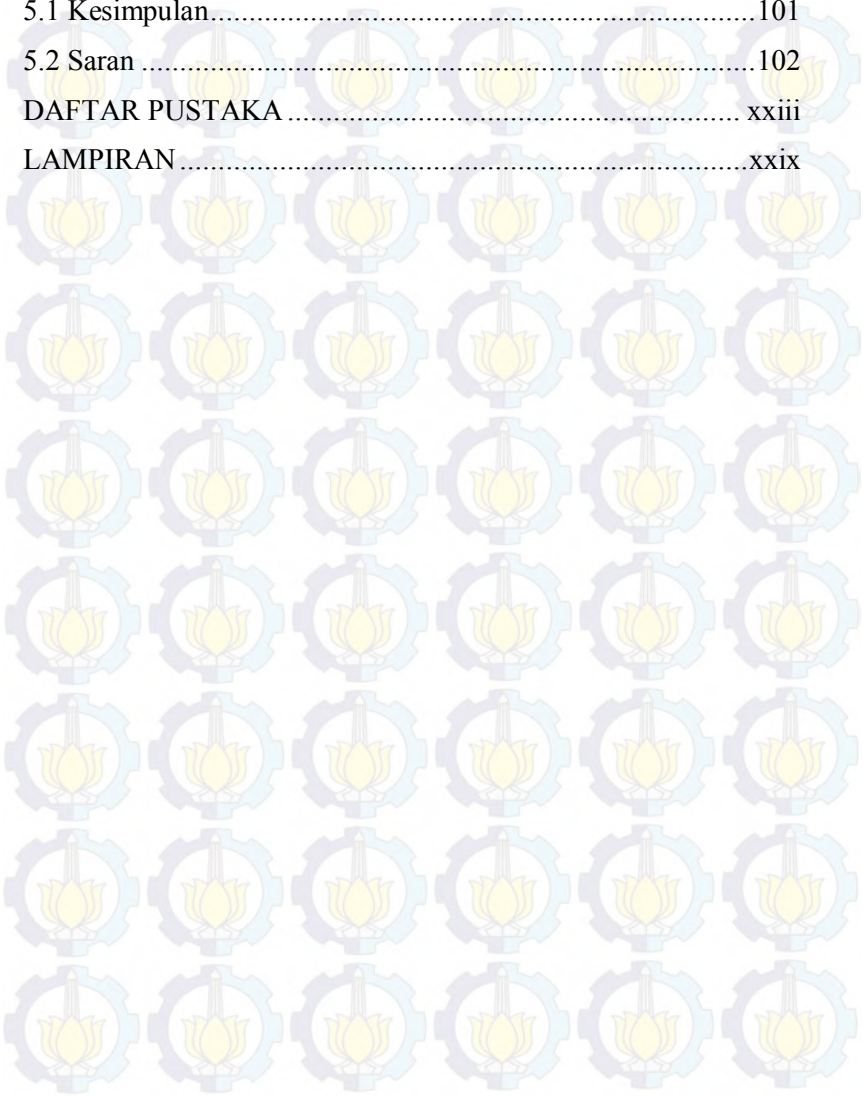
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....101

5.2 Saran102

DAFTAR PUSTAKA xxiii

LAMPIRANxxix



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sel Korosi.....	7
Gambar 2.2 Struktur Kimia Flavonoid	24
Gambar 2.3 Struktur Kimia Tanin	24
Gambar 2.4 Struktur Kimia (a) Fenoldan (b) Polifenol	25
Gambar 2.5 API 5L grade B Carbon Steel Pipe	26
Gambar 2.6 Skema Spektrofotometer	29
Gambar 2.7 Spektra FTIR	31
Gambar 2.8 Plot tafel Hasil Eksperimen	34
Gambar 3.1 Diagram Alir	45
Gambar 3.2 Spesimen Baja API 5L grade B	50
Gambar 3.3 Alat Pengujian FTIR	52
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Waktu Pengekstrakan Dan Hasil Ekstraksi Dari Berbagai Metode	64
Gambar 4.2 Spektra Overlaid Sampel Ekstrak Kulit Pisang Candi Hasil Metode Maserasi, Refluks, Dan Infudasi.	66
Gambar 4.3 Perbandingan Spektra Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi Dan Baja API 5L Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi	68
Gambar 4.4 Perbandingan Spektra Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux Dan Baja API 5L Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux	72
Gambar 4.5 Perbandingan Spektra Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi Dan Baja API 5L Dengan	

Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi.....	76
Gambar 4.6 Gugus Fungsi Tanin.....	79
Gambar 4.7 Pembentukan <i>ferric-tannate</i>	82
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara penambahan inhibitor dengan laju korosi.....	83
Gambar 4.9 Hubungan antara efisiensi inhibitor kulit pisang candi dengan variasi metode pengekstrakan.....	85
Gambar 4.10 Grafik pH Sebelum Perendaman.....	88
Gambar 4.11 Grafik pH Sesudah Perendaman.....	88
Gambar 4.12 Perbandingan Kurva Tafel Antara Tanpa Penambahan Inhibitor dan Penambahan Inhibitor Dengan Berbagai Metode Ekstraksi.....	90
Gambar 4.13 Kurva Nyquist Dan Kurva <i>Fit And Simulation</i> Untuk Sistem Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi Dan Sistem Tanpa Inhibitor.....	93
Gambar 4.14 Model Rangkaian Sirkuit Ekuivalen untuk Sampel di lingkungan NaCl 3,5% pH 5 (a) Non Inhibitor, (b) Inhibitor Kulit Pisang Candi.....	94

DAFTAR TABEL

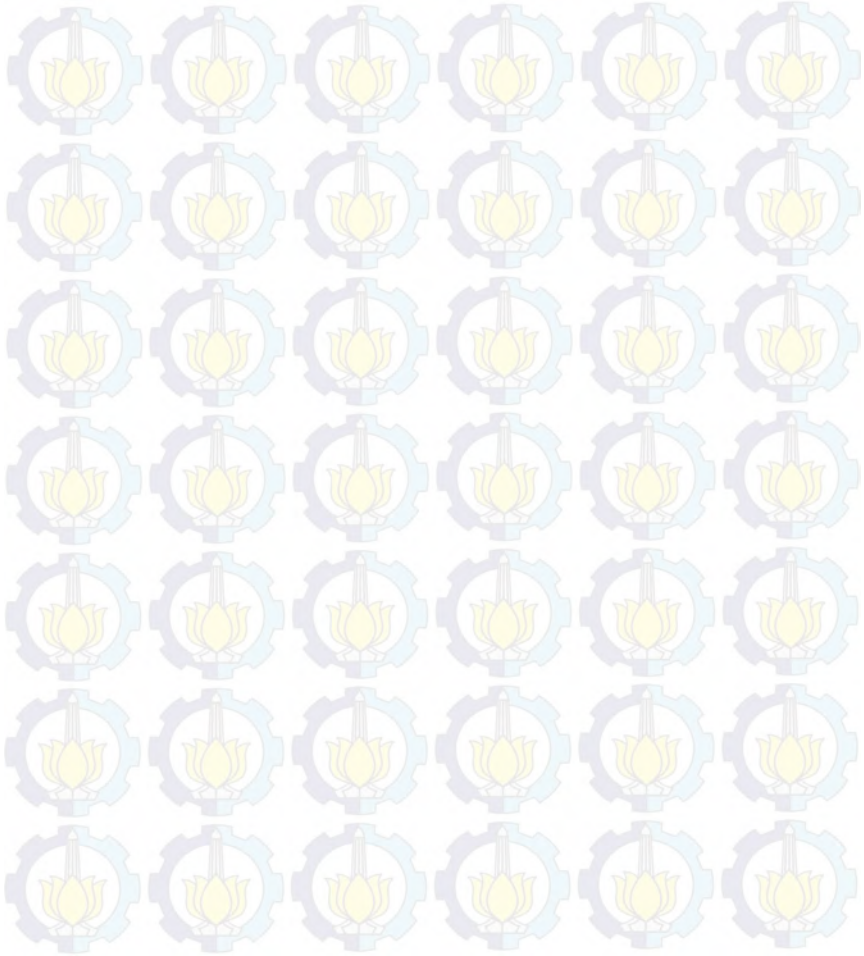
Tabel 2.1 Yield Strength dan Mechanical Strength Berbagai Macam Baja API 5L	27
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Pipa API 5 L Grade B	27
Tabel 3. 1 Uji Korosi dengan Metode Tafel.....	55
Tabel 3. 2 TabelPengujian Weight Loss	57
Tabel 3. 3TabelPengujianPolarisasiTafel.....	60
Tabel 3. 4TabelPengujian EIS	60
Tabel 4. 1 Komposisi Kimia Baja API 5L Grade B.....	61
Tabel 4. 2 Hasil Ekstrak Dari Berbagai Metode.....	63
Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan Sampel Tanin.....	66
Tabel 4. 4 Perbandingan Hasil FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi	69
Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux.....	73
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi.....	77
Tabel 4. 7 Derajat surface coverage pada sampel uji dengan penambahan inhibitor kulit pisang candi hasil berbagai metode ekstraksi.....	86
Tabel 4.8 Nilai Energi Bebas adsorpsi akibat penambahan ekstrak kulit pisang candi pada media elektrolit NaCl 3,5%.....	87
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan dari kurva polarisasi di lingkungan NaCl 3,5%.....	91
Tabel 4.10Parameter Elektrokimiadari Fit and Simulation	94

Tabel 4. 11 Analisa Dana PemrosesanMetodeMaserasi96

Tabel 4. 12 Analisa Dana PemrosesanMetode Reflux.....96

Tabel 4. 13 Analisa Dana PemrosesanMetodeMaserasi97

Tabel 4. 14 Perbandingan hasil pengujian108



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material logam merupakan salah satu bahan yang sangat vital dalam dunia industri manufaktur maupun industri pengolahan minyak dan gas. Baja karbon merupakan jenis material logam yang banyak diaplikasikan pada industri pengolahan minyak dan gas. Baja karbon API 5 L merupakan salah satu jenis baja karbon yang paling banyak digunakan sebagai material pipa untuk proses distribusi minyak dari sumur hingga ke plant dan sebagai tangki penyimpanan dalam industri pengolahan minyak dan gas. Material ini dipilih karena mudah dalam proses pembentukan, ekonomis serta memiliki sifat mekanik yang baik, namun baja karbon memiliki kekurangan yaitu mudah terkena serangan korosi akibat lingkungannya.

Korosi dapat didefinisikan sebagai hasil kerusakan dari reaksi kimia antara logam atau logam paduan dengan lingkungan. Korosi dapat menyebabkan kerusakan struktur logam dan paduan yang berakibat pada konsekuensi ekonomi dalam hal kerugian perbaikan, penggantian produk, keselamatan dan pencemaran lingkungan (Gupta Pankaj, 2014). Ada berbagai upaya dalam mengendalikan korosi. Salah satunya adalah dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor akan menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis, membentuk endapan untuk melindungi logam dari serangan korosi dan membentuk lapisan pasif, serta menghilangkan kontiniten yang agresif.

Inhibitor organik atau sering disebut dengan *green inhibitor* merupakan jenis inhibitor yang aman karena memiliki sifat yang sangat ramah terhadap lingkungan atau *biodegradable*, ekonomis, dan bahan dasar berlimpah yang mudah didapat di alam. Pada dasarnya tanaman yang bisa dijadikan sebagai inhibitor organik adalah tanaman yang memiliki sifat antioksidan, seperti mengandung senyawa flavonoid, tanin, asam askorbat, fenolik,



dan lain lain. Kandungan atom N, O, P, S, dan atom atom yang mempunyai pasangan elektron bebas juga dapat dijadikan inhibitor organik. Unsur yang mengandung pasangan elektron bebas akan membentuk senyawa kompleks dengan logam. Penelitian mengenai green inhibitor genjar dilakukan melihat banyaknya keuntungan yang didapat. Produksi secara masal juga perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan inhibitor dalam industri pengolahan minyak dan gas untuk menggantikan peran inhibitor berbasis bahan kimia yang memiliki banyak kekurangan.

Pisang merupakan tumbuhan yang dapat hidup di daerah tropis dan sub tropis. Pisang adalah nama yang diberikan pada tumbuhan tema raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musacea*. Dalam pengolahan, kulit pisang biasanya tidak dimanfaatkan dan dibuang. Padahal kulit pisang mengandung vitamin B, karbohidrat, mineral seperti kalium dan natrium, dan senyawa antioksidan yang tinggi (Harbone J.B, 1987). Senyawa antioksidan yang terdapat dalam kulit pisang adalah senyawa fenolik berupa, flavonoid dan tanin (Dita F, 2014). Flavonoid merupakan senyawa pereduksi yang baik, menghambat banyak reaksi oksidasi, sedangkan tanin memiliki aktivitas antibakteri, secara garis besar mekanisme yang diperkirakan adalah toksisitas tanin dapat merusak membran sel bakteri, senyawa astringent tanin dapat menginduksi pembentukan kompleks ikatan tanin terhadap ion logam. Senyawa-senyawa antioksidan ini memiliki kemampuan agar mudah teroksidasi, sehingga udara atau oksigen akan mengoksidasi senyawa antioksidan tersebut terlebih dahulu sebelum mengoksidasi senyawa lain.

Oleh karena itu dalam penelitian ini peneliti akan memanfaatkan kulit buah pisang sebagai inhibitor korosi dengan metode ekstraksi maserasi, refluks dan infundasi yang diaplikasikan pada media lingkungan NaCl 3,5% dengan menggunakan material baja API 5L Grade B dengan konsentrasi penambahan inhibitor sebanyak 500 mg/L.



1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya diketahui bahwa kulit pisang memiliki potensi untuk dijadikan *green inhibitor*. Untuk memperoleh ekstrak dari kulit pisang ini dapat menggunakan berbagai metode pengekstrakan diantaranya adalah maserasi, reflux dan infudasi. Masing-masing metode ini akan mempengaruhi hasil dari kandungan ekstrak kulit pisang. Oleh karena ini untuk mengoptimalkan kualitas inhibitor kulit pisang diperlukan metode pengekstrakan yang tepat. Berdasarkan permasalahan ini maka berikut adalah perumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh metode ekstraksi maserasi, reflux dan infudasi dari kulit pisang candi terhadap kualitas inhibitor yang dihasilkan.
2. Bagaimana pengaruh penambahan ekstrak kulit pisang candi yang berasal dari metode ekstraksi maserasi, reflux, dan infudasi terhadap efisiensi inhibitor pada baja API 5L grade B di lingkungan NaCl 3,5%.
3. Manakah metode ekstraksi yang paling efektif untuk digunakan dalam produksi skala industri.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi rang lingkup penelitian, ditetapkan batasan-batasan dari penelitian yang dilakukan, antara lain:

1. Material yang digunakan dianggap homogen dan bebas cacat.
2. Kehalusan dari permukaan tiap-tiap spesimen dianggap homogen.
3. Diasumsikan tidak terjadi perubahan temperature sepanjang waktu.
4. Komposisi lain yang terkandung dalam ekstrak kulit pisang candi diasumsikan tidak berpengaruh.
5. Kulit buah pisang yang digunakan dianggap homogen.



1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh metode ekstraksi maserasi, reflux dan infudasi dari kulit pisang candi terhadap kualitas inhibitor yang dihasilkan.
2. Menganalisa pengaruh penambahan ekstrak kulit pisang candi yang berasal dari metode ekstraksi maserasi, reflux, dan infudasi terhadap efisiensi inhibitor pada baja API 5L grade B di lingkungan NaCl 3,5%.
3. Menganalisa metode ekstraksi yang paling efektif untuk digunakan dalam produksi skala industri.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pengetahuan mengenai pengaruh metode ekstraksi maserasi, ekstraksi reflux, dan ekstraksi infudasi terhadap daya inhibisi dari kulit pisang candi
2. Memberikan motivasi kepada para peneliti Indonesia agar terus mengembangkan metode-metode ekstraksi yang efisien dan efektif sehingga mampu menjadikan pembuatan inhibitor dalam skala industri.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi dan Mekanisme Korosi

Korosi dapat didefinisikan sebagai hasil kerusakan dari reaksi kimia antara logam atau logam paduan dengan lingkungan (Denny Jones, 1997). Reaksi ini menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lainnya (Sulistijono, 2000).

Menurut jenis reaksinya, korosi dapat digolongkan sebagai korosi kimia (*chemical corrosion*) dan korosi elektrokimia (*electrochemical corrosion*). Korosi kimia terjadi secara murni reaksi kimia tanpa adanya cairan elektrolit, biasanya terjadi pada temperatur yang relatif tinggi, atau dalam lingkungan yang kering. Korosi jenis ini, sering disebut dengan proses oksidasi bila logam bereaksi dengan oksigen, sulfidasi bila bereaksi dengan sulfida atau carburasi jika bereaksi dengan gas karbon-di/mono-oksida. Sebaliknya korosi elektrokimia biasanya terjadi dilingkungan yang basah, pada temperatur yang relatif rendah, dengan berbagai bentuk korosi yang berbeda, mengikuti mekanisme elektrokimia yaitu terjadinya reaksi oksidasi (reaksi anodik) dan reaksi reduksi (reaksi katodik) (Sulistijono, 2000). Terdapat beberapa elemen yang harus ada dalam sebuah mekanisme korosi elektrokimia, hal-hal tersebut adalah sebagai berikut (M.Fajar.S,2013)

1. *Anode* (Anoda)

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi pada anoda dapat dituliskan dengan persamaan:



Dengan z adalah valensi logam dan umumnya $Z = 1, 2,$ atau 3



2. Cathode (Katoda)

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin menderita kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katoda berupa reaksi reduksi. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah

- Evolusi hidrogen (asam)
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- Reduksi air (netral/basa)
 $\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- Reduksi oksigen (asam)
 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- Reduksi oksigen (netral/basa)
 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$
- Reduksi ion logam
 $\text{M}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{M}^{2+}$

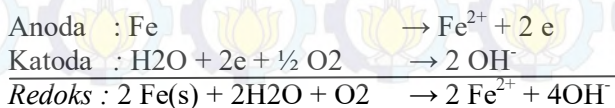
3. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, basa dan larutan garam. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

4. Anoda dan Katoda harus terhubung secara elektris

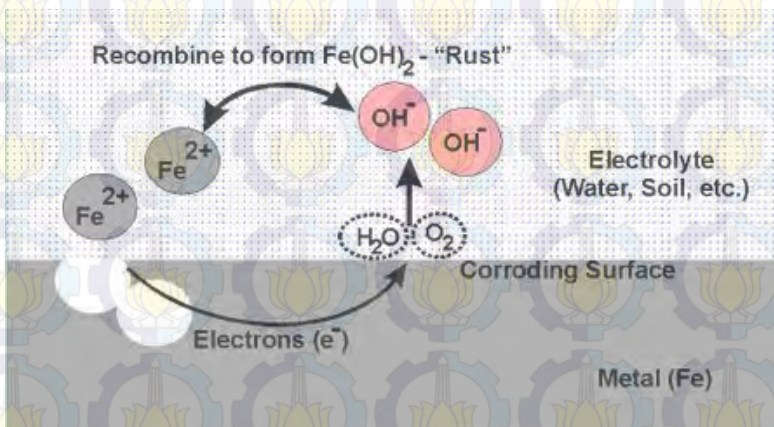
Antara anoda dan katoda harus ada hubungan listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak diperlukan jika anoda dan katoda merupakan bagian dari logam yang sama.

Contoh yang umum terjadi proses korosi adalah pada pipa penyalur minyak dan gas yang menggunakan material logam baja paduan di lingkungan air laut sebagai berikut.





Reaksi diatas dapat dijelaskan bahwa reaksi terjadi pada anoda ialah logam Fe mengalami oksidasi sehingga menghasilkan ion-ion logam Fe dan elektron. Pada katoda terjadi reaksi reduksi dimana terjadi pelepasan ion-ion OH^- yang menyebabkan lingkungan menjadi basa atau netral. Ion OH^- ini berasal reduksi oksigen. Logam yang berlaku sebagai sel korosi akan memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima elektron (katoda). Pada logam yang teroksidasi akan larut ke lingkungannya menghasilkan ion-ion logam dan melepaskan elektron secara bersamaan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi dimana ion-ion dari lingkungan mendekati logam dan menangkap elektronelektron yang tertinggal pada logam. Korosi terjadi melalui perantara dimana perantara tersebut adalah lingkungannya dan biasa disebut sebagai elektrolit. Skema sel korosi secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Sel Korosi

Skema diatas dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Anoda : terjadi reaksi anodik dimana logam Fe larut menjadi ion Fe^{2+}
2. Katoda : terjadi reaksi katodik
3. Elektrolit : sebagai media perantara elektron



Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan (Trethewey, 1995). Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang ada dalam bahan, dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif, pH, temperatur dan perpindahan panas, pergerakan fluida, potensial elektrokimia, dan sebagainya.

2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi

Adapun faktor faktor yang mempengaruhi laju korosi diantaranya adalah (ASM Handbook, 2003)

1. Faktor Kandungan Gas dan Padatan Terlarut.

- Karbondioksida (CO_2), jika karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting.
- Oksigen (O_2), adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild steel alloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen.
- Klorida (Cl^-), klorida menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan stainless steel. Padatan ini menyebabkan terjadinya *pitting*, *crevice corrosion*, dan juga menyebabkan pecahnya paduan.
- Karbonat (CO_3), kalsium karbonat sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan logam, tetapi dalam produksi minyak hal ini cenderung menimbulkan masalah *scale*.
- Sulfat (SO_4), ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat



kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfida yang korosif.

2. Faktor Temperatur

Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besarkemungkinan terbentuk korosi. Pada lingkungan temperatur tinggi, laju korosi yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, karena padatemperatur tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat.

3. Seleksi Material

Pemilihan atau seleksi material merupakan suatu faktor yang cukup mempengaruhi terjadinya proses korosi pada suatu struktur. Dengan pemilihan material yang tepat maka kita dapat meminimalisir terjadinya korosi pada suatu struktur. Sebagai contoh pemilihan material yang tepat untuk suatu struktur *platform* atau anjungan dimana biasanya pada struktur ini menggunakan logam baja karbon. Selain itu adanya penambahan unsur tertentu juga dapat mempengaruhi ketahanan suatu material terhadap adanya proses korosi.

4. Faktor pH

pH dalam proses korosi sangat berpengaruh untuk terjadi apa tidaknya proses korosi. Besarnya pH biasanya dinyatakan dengan angka berkisar antara 0-14. Jika pH berkisar antara 0-7 maka lingkungan bersifat asam sedangkan bila Ph berkisar antara 7-14 maka lingkungan bersifat basa. Lingkungan dinyatakan netral bila memiliki pH 7. Dengan melihat diagram Pourbaix korosi dari logam pada pH tertentu dapat diprediksi apakah lingkungan tersebut dapat mengalami korosi atau tidak. Selain itu juga dapat



melihat sifat logam pada berbagai kondisi. Dengan menurunnya pH maka laju korosi akan meningkat. Makin rendah pH maka lingkungan tersebut bersifat makin asam dan kandungan hidrogennya meningkat. Pada pH yang rendah biasanya larutan bersifat lebih konduktif sedangkan pada pH yang tinggi maka mineral terlarut dapat membentuk deposit *scale* pada permukaan logam.

5. Faktor Bakteri Pereduksi atau *Sulfat Reducing Bacteria* (SRB)

Jenis bakteri yang dapat dijadikan sebagai penyebab terjadinya korosi adalah bakteri yang menghasilkan asam sebagai hasil metabolismenya yang dapat memicu terbentuknya asam sulfida yang dapat meningkatkan reaksi oksidasi logam pada anoda. Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H_2S , yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

2.3 Korosi Baja pada Lingkungan NaCl 3,5 %

Air laut memiliki kadar NaCl berkisar 3,5% dan memiliki kandungan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Ion-ion ini dapat memperkecil atau menghambat laju korosi karena kemampuannya untuk membentuk lapisan $CaCO_3$ dan $Mg(OH)_2$ di permukaan sebagai hasil dari reaksi katodik oksigen di permukaan logam. Garam pada larutan akan terurai menjadi anion dan kation pembentuknya, sehingga dalam larutan tersebut akan terbentuk ion-ion yang kekurangan dan kelebihan elektron. Ion tersebut yang mengakibatkan larutan menjadi mudah untuk menghantarkan arus listrik. Pada larutan NaCl 3.5%, terdapat ion klorida (Cl^-) yang dapat mempengaruhi kandungan oksigen terlarut. Semakin tinggi konsentrasi ion klorida (Cl^-), maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut dan akan mempengaruhi laju korosi (Andhi G, 2011).



Korosi pada baja karbon dipengaruhi oleh konsentrasi ion agresif, seperti ion klorida (Cl^-) dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Ion klorida dapat merusak lapisan pasif yang menghalangi korosi. Mekanisme tersebut dapat menghasilkan *pitting corrosion* dimana lapisan pasif yang pecah akan memberikan jalan bagi H^+ menuju logam yang sudah tidak terlindungi lagi.

Ion klorida dikenal sebagai ion yang memiliki efek perusak terhadap baja karbon. Kebanyakan ion tersebut memiliki kemampuan untuk terserap di permukaan logam dan berinterferensi membentuk lapisan pasif. *Pitting* merupakan jenis serangan utama yang terjadi akibat ion klorida. Ketika proses korosi dimulai, reaksi hidrolisis logam dari reaksi anodik menyebabkan penurunan pH, yang dapat menghambat perbaikan lapisan pasif dan mempercepat serangan. Baja karbon akan terkorosi di dalam air yang mengandung klorida terutama dalam bentuk korosi *uniform* dibandingkan dalam bentuk *localized attack* (ASM Handbook, 2005)

2.4 Pengendalian Korosi

Terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pengendalian korosi diantaranya adalah (Sulistijono, 2000).

1. Desain

Usaha pengendalian korosi sebaiknya dilakukan sejak tahap proses desain, yaitu dengan :

- a. Isolasi alat dari lingkungan korosif
- b. Mencegah hadir/terbentuknya elektrolit
- c. Kelancaran aliran fluida
- d. Kecepatan aliran fluida
- e. Mencegah terbentuknya sel galvanik

2. Pemilihan material

Pemilihan material yang tahan korosi merupakan salah satu cara dalam pengendalian korosi. Ketahanan terhadap serangan korosi pada masing-masing material tidak sama pada berbagai macam lingkungan , sehingga



pemilihan material harus disesuaikan dengan lingkungan yang akan digunakan.

3. Perlakuan lingkungan

Upaya perlakuan terhadap lingkungan ini sangat penting, lingkungan yang korosif diupayakan menjadi atau kurang korosif dengan cara :

a. Perubahan media atau elektrolit

Contohnya: penurunan terhadap temperatur dan kecepatan alir, penghilangan oksigen atau oksidator, serta pengubahan konsentrasi.

b. Penggunaan inhibitor

Inhibitor adalah suatu bahan kimia yang ditambahkan dalam jumlah yang kecil kedalam lingkungan yang korosif.

4. Pelapisan

Pelapisan akan mengisolasi logam dari media korosifnya, sehingga mencegah terjadinya korosi logam oleh lingkungannya. Terdapat dua cara pelapisan diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Pelapisan dengan bahan logam

Pada pelapisan dengan bahan logam dapat digunakan bahan logam yang lebih inert maupun yang kurang inert sebagai bahan pelapisan dengan kekurangan dan kelebihan masing-masing.

b. Pelapisan dengan bahan non logam

Pelapisan dengan bahan non logam yaitu dengan pelapis berbahan dasar organik seperti cat polimer dan pelapis berbahan dasar organik seperti anodizing.

2.5 Inhibitor Korosi

Inhibitor merupakan senyawa organik atau pun anorganik yang ditambahkan dalam jumlah sedikit kedalam lingkungannya



sehingga dapat memperlambat laju korosi. Inhibitor memiliki beberapa mekanisme kerja secara umum yaitu (Indra Surya. D):

- a Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak terlihat dengan mata biasa namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logam.
- b Melalui pengaruh lingkungan (seperti pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak dan lapisan dapat diamati dengan mata telanjang.
- c Inhibitor lebih dahulu mengkorosi logamnya dan menghasilkan suatu zat kimia dan lalu mengalami adsorpsi dari produksi korosi untuk membentuk lapisan pasif pada permukaan
- d Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Inhibitor sendiri akan terjadi reaksi antara lingkungan dan logamnya, mekanisme dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Interaksi inhibitor dengan permukaan logam sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan logam tersebut
2. Interaksi yang terjadi dengan menurunkan tingkat korosifitas lingkungan seperti mengurangi kadar oksigen, pengaturan pH, netralisasi gas bersifat asam, dll

Inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi dari anodik dan katodik. Pengaruh terhadap polarisasi ini adalah bila suatu sel korosi terdapat 4 komponen yaitu katoda, anoda, elektrolit, dan arus, maka inhibitor dapat menaikkan polarisasi anodik atau katodik dan menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan lapisan tipis pada permukaan. Pengaruh polarisasi



ini dapat terlihat Inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi dari anodik dan katodik. Pengaruh terhadap polarisasi ini adalah bila suatu sel korosi terdapat 4 komponen yaitu katoda, anoda, elektrolit, dan arus, maka inhibitor dapat menaikkan polarisasi anodik atau katodik dan menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan lapisan tipis pada permukaan. Pengaruh polarisasi ini dapat terlihat.

Inhibitor dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya:

1. Berdasarkan bahan dasarnya:

- a. Inhibitor organik

Inhibitor organik, biasanya dirancang sebagai pembentuk lapisan tipis (*film*), melindungi logam dengan membentuk suatu lapisan tipis (*film*) yang bersifat *hidrofobik* pada permukaan logam (Roberge, P.R., 2000). Keefektifannya bergantung pada susunan kimia, struktur molekul, gugus fungsi, berat molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentuk lapisan tipis (*film*) adalah suatu proses adsorpsi, temperatur dan tekanan merupakan faktor yang penting. Inhibitor organik akan di adsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor tersebut dan muatan pada permukaan logam. Kekuatan ikatan adsorpsi adalah faktor yang dominan untuk inhibitor organik yang larut dalam air (Yatiman P. 2009).

Pada jenis inhibitor organik, terjadi proses adsorpsi logam untuk membentuk senyawa kompleks. Mekanisme adsorpsi terbagi menjadi 3, yaitu (API Standard, 2004).

- a. *Physical adsorption*

Mekanisme adsorpsi yang membentuk hasil dari interaksi elektrostatis antara inhibitor dengan permukaan logam. Logam yang diberi muatan positif akan mengikat inhibitor yang bermuatan negatif, begitu juga sebaliknya. Ikatan ini terbentuk dengan



cepat dan bersifat bolak-balik namun mudah hilang dari permukaan logam.

b. *Chemisorption*

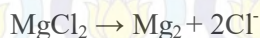
Mekanisme ini terbentuk akibat adanya transfer atau membagi muatan antara molekul dari inhibitor dengan permukaan logam. Jenis adsorpsi ini sangat efektif karena sifatnya tidak bolak-balik namun pembentukannya relatif lebih lambat.

c. *Film Forming*

Mekanisme jenis ini dipengaruhi oleh struktur inhibitor, komposisi larutan sebagai media elektrolit, sifat logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antar muka larutan-logam. Adsorpsi inhibitor organik biasanya melibatkan minimal dua jenis adsorpsi di atas yang berjalan simultan.

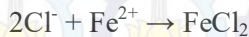
Kebanyakan inhibitor yang efisien digunakan dalam industri adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung heteroatom seperti O, N, S, dan ikatan rangkap didalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan logam (Yatiman P. 2009).

Pada mekanisme proteksi dengan menggunakan ekstrak bahan alam terhadap besi atau baja dari serangan korosi, reaksi yang terjadi yaitu antara logam Fe^{2+} dengan medium korosif air laut yang mengandung ion-ion klorida yang terurai dari NaCl , MgCl_2 , KCl bereaksi dengan Fe dan diperkirakan menghasilkan FeCl_2 . Jika ion klorida yang bereaksi semakin besar, maka FeCl_2 yang terbentuk juga akan semakin besar, seperti tertulis dalam reaksi berikut :

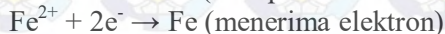




Ion klorida pada reaksi diatas akan menyerang ion besi (Fe^{2+}) sehingga besi akan terkorosi menjadi :



Dan reaksi antara Fe^{2+} dengan inhibitor ekstrak bahan alam menghasilkan senyawa kompleks. Inhibitor ekstrak bahan alam, misalnya yang mengandung nitrogen, mendonorkan sepasang elektronnya pada permukaan logam mild steel ketika ion Fe^{2+} terdifusi ke dalam larutan elektrolit, reaksinya adalah:



Produk yang terbentuk di atas mempunyai kestabilan yang tinggi dibanding dengan Fe saja, sehingga sampel besi atau baja yang diberikan inhibitor ekstrak bahan alam akan lebih tahan (terproteksi) terhadap korosi.

Kandungan antioksidan juga berperan dalam penghambat laju korosi. Antioksidan adalah komponen yang mampu menghambat proses oksidasi, yaitu proses yang dapat menyebabkan kerusakan. Aktivitas penghambatan antioksidan dalam reaksi oksidasi berdasarkan keseimbangan reaksi oksidasi dan reduksi dan membentuk molekul yang tidak reaktif, dengan demikian reaksi berantai yang disebabkan radikal bebas dapat dihambat (Fiki Maizal, 2015)

b. Inhibitor anorganik

Inhibitor anorganik merupakan inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsure karbon dalam senyawanya. Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng. Terkadang inhibitor

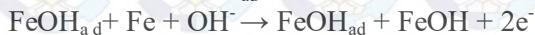
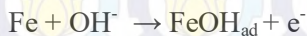


anorganik tidak dapat digunakan karena sifatnya yang merusak lingkungan.

2. Berdasarkan mekanisme proteksi :

a. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik adalah inhibitor yang menghambat reaksi oksidasi.



Molekul organik teradsorpsi di permukaan logam, sehingga katalis FeOH_{ad} berkurang akibatnya laju korosi menurun. Contoh inhibitor anodik adalah molibdat, silikat, fosfat, borat, kromat, nitrit, dan nitrat. Inhibitor jenis ini sering dipakai / ditambahkan pada saat chemical cleaning peralatan pabrik.

Inhibitor anodik tergolong inhibitor berbahaya karena apabila ditambahkan dibawah harga kritis akan mengurangi daerah anodik, namun luas daerah katodik tidak berpengaruh. Sehingga kebutuhan arus dari anoda yang masih aktif bertambah hingga mencapai harga maksimum sedikit dibawah konsentrasi kritis. Laju korosi pada anoda-anoda yang aktif meningkat dan memperhebat serangan korosi jenis sumuran. Contohnya adalah molibdat, silikat, fosfat, borat, kromat, nitrit, dan nitrat.

b. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik adalah inhibitor yang menghambat reaksi reduksi. Molekul organik netral teradsorpsi dipermukaan logam sehingga mengurangi akses ion hidrogen menuju permukaan elektroda. Dengan berkurangnya akses ion hidrogen menuju permukaan elektroda, maka hydrogen overvoltage akan meningkat, sehingga menghambat reaksi evolusi



hidrogen yang berakibat menurunkan laju korosi. Inhibitor katodik dibedakan menjadi:

i. Inhibitor racun

Inhibitor jenis ini menghambat atom-atom H_{ad} menjadi molekul gas H_2 di permukaan logam yang mengakibatkan perapuhan hidrogen pada baja kekuatan tinggi dan bersifat racun bagi lingkungan. Contoh inhibitor racun adalah: As_2O_3 , Sb_2O_3 .

ii. Inhibitor presipitasi katodik

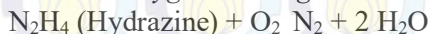
Inhibitor jenis ini mengendapkan $CaCO_3$, $MgCO_3$, $CaSO_4$, $MgSO_4$ dari dalam air.

Contoh inhibitor presipitasi katodik adalah :
 $ZnSO_4$ + dispersan.

iii. *Oxygen scavenger*

Inhibitor jenis ini mengikat O_2 terlarut.

Contoh *Oxygen scavenger* adalah:



Inhibitor katodik tergolong inhibitor tidak berbahaya karena apabila ditambahkan dalam jumlah yang kurang dari konsentrasi kritisnya, tetap akan mengurangi laju korosi.

3. Berdasarkan mekanisme inhibisi :

a. *Inhibitor Pasivator*

Menghambat korosi dengan cara menghambat reaksi anodik melalui pembentukan lapisan pasif, sehingga merupakan inhibitor berbahaya, bila jumlah yang ditambahkan tidak mencukupi. Inhibitor Pasivator terdiri dari :

1. Inhibitor Pasivator Oksidator

Mempasivasi baja dengan peningkatan reaksi katodik dari $Cr_2O_7^{2-}$ menjadi Cr_2O_3 , dan menghasilkan lapisan pasif Cr_2O_3 dan $FeOOH$.

Contohnya : $Cr_2O_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , ClO_3^- , ClO_4^- , $Cr_2O_7^{2-}$

2. Inhibitor Pasivator non oksidator,

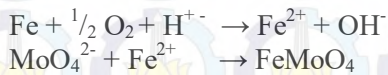


Inhibitor vanadium dipakai di Unit CO₂ Removal Pabrik Ammonia, karena larutan *Benfield* yang bersifat korosif.

Contohnya : ion metalat (vanadat, ortovanadat, metavanadat), NO₂⁻.

3. Molybdat (MoO₄²⁻)

Menginhibisi dengan cara membentuk lapisan pelindung yang terdiri dari senyawa ferro-molybdat menurut reaksi berikut :



Pembentuk senyawa tak larut :



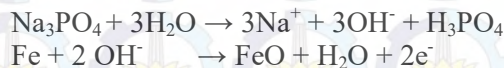
Misalnya : NaOH, Na₃PO₄, Na₂HPO₄, Na₂CO₃, NaBO₃

b. *Inhibitor Presipitasi*

Membentuk kompleks tak larut dengan logam atau lingkungan sehingga menutup permukaan logam dan menghambat reaksi anodik dan katodik.

Contoh : Na₃PO₄, Na₂HPO₄.

Contoh inhibitor yang bereaksi dengan logam :



Contoh inhibitor yang bereaksi dengan lingkungan :





c. *Inhibitor Adsorpsi*

Agar teradsorpsi harus ada gugus aktif (gugus heteroatom). Gugus ini akan teradsorpsi di permukaan logam. Contoh : Senyawa asetilen, senyawa sulfur, senyawa amine dan senyawa aldehid.

2.6 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan substansi dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlukan sedemikian hingga memenuhi baku yang telah ditetapkan. faktor-faktor yang mempengaruhi laju ekstraksi adalah:

1. Tipe persiapan sampel
2. Waktu ekstraksi
3. Kuantitas pelarut
4. Temperatur pelarut
5. Tipe pelarut

Metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut dapat dibagi kedalam dua cara, yaitu (Dirjen POM, 2000):

1. Cara dingin
 - a. Maserasi

Merupakan proses pengestrakan simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan. Maserasi kinetik berarti dilakukan pengadukan yang terus menerus. Remaserasi berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyarian maserat pertama dan seterusnya.

- b. Perlokasi

Merupakan proses ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru sampai sempurna (*exhaustive extraction*) yang umumnya dilakukan pada temperatur ruangan. Proses ini terdiri dari tahapan pengembangan bahan,



tahap maserasi antara, tahap perlokasi sebenarnya (penetesan atau penampungan ekstrak) terus menerus sampai diperoleh ekstrak yang jumlahnya 1-5 kali.

2. Cara panas

a. Refluks

Ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dengan adanya pendinginan balik.

b. Soxhlet

Ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu baru yang umumnya dilakukan dengan alat khusus sehingga terjadi ekstrak kontinu dengan jumlah pelarut relatif konstan dengan adanya pendinginan balik.

c. Digesti

Maserasi kinetik pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ruangan, yaitu secara umum dilakukan pada temperatur 40-50°C.

d. Infudasi

Ekstraksi dengan pelarut air pada temperatur penangas aor (bejana infus tercelup dalam penangas air mendidih, temperatur terukur) selama waktu tertentu biasanya 1-2 jam.

e. Dekok

Infus pada waktu yang lebih lama dan temperatur sampai titik didih air.

2.7 Evaporasi

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan molekul didalam keadaan cair (contohnya air) dengan seponan menjadi gas (contohnya uap air). Proses ini adalah kebalikan dari kondensi. Umumnya penguapan dapat dilihat dari lenyapnya



cairan secara berangsur-angsur ketika terpapar pada gas dengan volume signifikan.

Evaporasi atau penguapan juga dapat didefinisikan sebagai perpindahan kalor kedalam zat cair mendidih. Berikut adalah faktor-faktor yang mempercepat proses evaporasi :

1. Temperatur
Semakin hangat temperatur sekelilingnya semakin banyak kalor yang terserap untuk mempercepat evaporasi.
2. Kelembaban udara
Semakin kering udara, semakin cepat evaporasi terjadi.
3. Tekanan
Tekanan udara berkurang, maka akan mempercepat evaporasi
4. Gerakan udara
Sirkulasi yang lancar dan mengurangi kelembaban udara.
5. Sifat cairan
Cairan dengan titik didih yang rendah terevaporasi lebih cepat daripada cairan yang titik didihnya tinggi.

Vacum rotary merupakan alat yang digunakan untuk menghilangkan kandungan cairan (*liquid* yang berada dalam sebuah solvent dengan cara evaporasi.

2.8 Kulit Buah Pisang Sebagai Inhibitor Bahan Alam

Pisang merupakan tumbuhan yang dapat hidup di daerah tropis dan sub tropis. Pisang adalah nama yang diberikan pada tumbuhan tema raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musacea* (Ebry Ryanata, 2014). Pisang merupakan jenis tanaman berbiji, berbatang semu yang dapat tumbuh sekitar 2,1-2,9 m, berakar serabut yang tumbuh menuju bawah sampai kedalaman 75-150 cm, memiliki batang semu tegak yang berwarna hijau hingga merah dan memiliki noda coklat hitam pada batangnya. Helaian daunnya berbentuk lanset memanjang yang letaknya tersebar dengan bagian bawah daun tampak berlipit. Daun ini diperkuat oleh tangkai daun yang panjangannya antara 30-40 cm,



memiliki bunga yang bentuknya menyerupai jantung, berkelamin satu yaitu berumah satu dalam satu tandan dan berwarna merah tua. Buahnya melengkung ke atas, dalam satu kesatuan 13-16 buah dengan panjang sekitar 16-20cm. Klasifikasi tumbuhan pisang adalah:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Class	: Monocotyledonae
Ordo	: Zingiberales
Familia	: Musaceae
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa</i> spp.

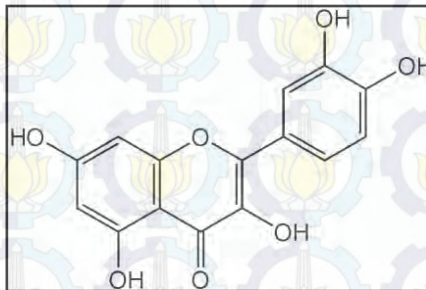
Dalam pengolahan, kulit pisang biasanya tidak dimanfaatkan dan dibuang. Padahal kulit pisang mengandung vitamin B, karbohidrat, mineral seperti kalium dan natrium, dan senyawa antioksidan yang tinggi (Harbone, J.B., 1987). Senyawa antioksidan yang terdapat dalam kulit pisang adalah senyawa fenolik berupa, flavonoid dan tanin (Alhabsyi Dita F.dkk, 2014)

Senyawa fenolik memiliki ciri yaitu memiliki cincin aromatik yang mengandung satu atau dua gugus hidroksil dan bersifat mudah larut dalam air. Senyawa fenolik banyak terkandung dalam tanaman, seperti pada buah, sayuran, kulih buah, batang tanaman, daun, biji, dan bunga (Harbone, J.B., 1987). Flavonoid dan tanin merupakan senyawa golongan senyawa polifenol, merupakan turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan.

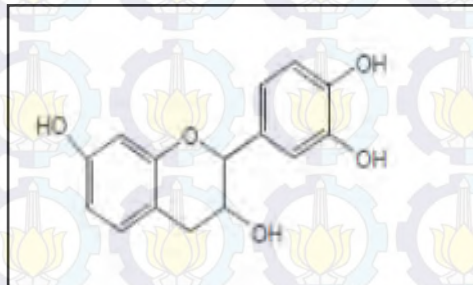
Flavonoid adalah senyawa fenol yang terdiri dari 15 atom karbon yang umumnya tersebar di dunia tumbuhan. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu, biru, dan sebagai zat warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan. Flavonoid merupakan senyawa pereduksi yang baik, menghambat banyak reaksi oksidasi, baik secara enzim maupun non enzim.



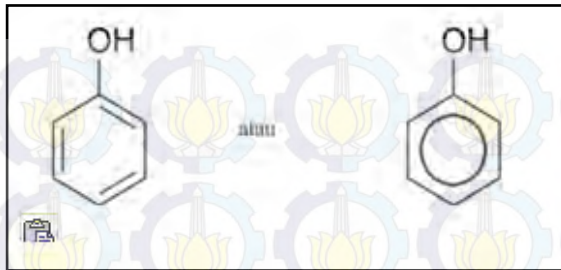
Tanin merupakan suatu senyawa fenol yang memiliki berat molekul besar yang terdiri dari gugus hidroksil dan beberapa gugus yang bersangkutan seperti karboksil untuk membentuk kompleks kuat yang efektif dengan protein dan beberapa makromolekul (Ebry Ryanata, 2014). Berikut ditunjukkan struktur kimia dari senyawa flavonoid dan turunannya pada gambar 2.2, 2.3 dan 2.4.



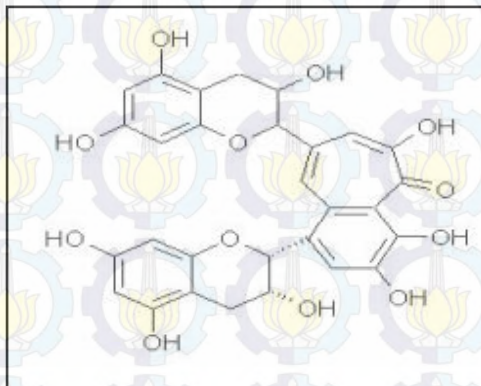
Gambar 2.2 Struktur Kimia Flavonoid



Gambar 2.3 Struktur Kimia Tanin



(a)



(b)

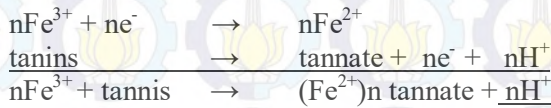
Gambar 2.4 Struktur kimia (a) Fenol dan (b) Polifenol

Tanin memiliki aktivitas antibakteri, secara garis besar mekanisme yang diperkirakan adalah toksisitas tanin dapat merusak membran sel bakteri, senyawa astringent tanin dapat menginduksi pembentukan kompleks ikatan tanin terhadap ion logam yang dapat menambah daya toksisitas tanin itu sendiri (Afidah, 2004).

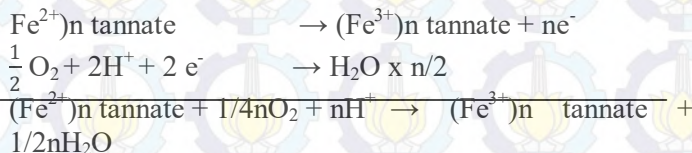
Mekanisme inhibisi pada tanin yaitu pertama kali tanin berikatan dengan ion Fe^{2+} menjadi *ferrous-tannates* yang dapat dengan mudah teroksidasi menjadi *ferric-tannates* yang dapat



mengurangi pembentukan karat besi. Reaksi yang terjadi (Ajizah 2004) :

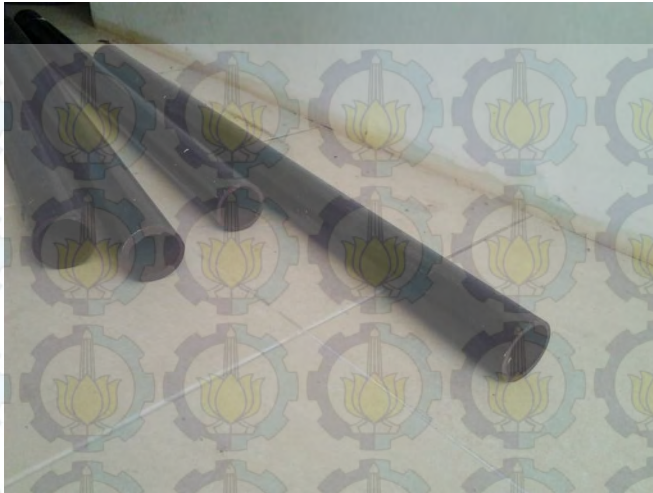


Kemudian,



2.9 Baja API 5L

Pipa yang digunakan pada industri migas adalah jenis pipa baja karbon rendah dengan produk standar API (*American Petroelum Institute*) spesifikasi 5L. Termasuk dalam jenis pipa ini adalah jenis pipa tanpa las (*seamless pipe*) dan jenis pipa las (*welded pipe*). Jenis kelas API 5L ini adalah A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, dan X70. Dimana komposisi kimia dan sifat-sifat mekanisnya dari tiap jenis berbeda. Penampakan baja API 5L grade B dapat dilihat pada gambar 2.5 dan untuk yield strength dan mechanical strength untuk baja API 5L dapat dilihat pada tabel 2.1.



Gambar 2.5 API 5L grade B Carbon Steel Pipe

Tabel 2.1 Yield Strength dan Mechanical Strength Berbagai Macam Baja API 5L

Grade	Yield Strength (MPa)	Mechanical Strength (MPa)
A25	172	310
A	207	331
B	241	414
X42	290	414
X46	317	434
X52	359	455
X56	386	490
X60	414	517
X65	448	531
X70	483	565



Dalam penelitian ini, material pipa yang digunakan adalah baja karbon rendah API 5 L *grade B*. Spesifikasinya dapat dilihat pada table 2.2. (Standard API, 2004)

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Pipa API 5 L Grade B

Elemen	Kadar (%)
Carbon	0,22
Mangan	1,2
Phospor	0,025
Sulfur	0,015
Titanium	0,04

Pipa API 5 L banyak digunakan dalam industri minyak dan gas baik onshore maupun offshore. Maksud dari API 5 L *Grade B* adalah

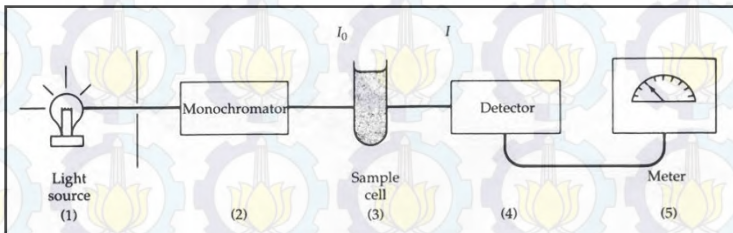
API : *American Petroleum Institute*
5 : Seri yang digunakan untuk *Tubular Goods* (ex: *Casing, Tubing, Pipeline*)
L : *Line Pipe*
B : *Grade* yang berhubungan dengan sifat mekanik material dan komposisi kimianya

2.10 Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan alat yang mampu mengetahui kadar suatu zat dengan mengukur absorbansi relatif cahaya tergantung konsentrasi tertentu dari zat tersebut. Alat ini mampu menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Absorbansi merupakan perbandingan intensitas sinar yang diserap dengan intensitas sinar datang. Absorbansi molekul dapat dikaitkan dengan panjang gelombang dari radiasi yang mempunyai energi sama dengan yang dibutuhkan oleh transisi elektronik. Prinsip dari suatu pita absorbansi adalah letak dan intensitas dari suatu senyawa. Serapan molekul tergantung struktur elektronik pada molekul. Energi yang diserap tergantung tingkat energi dasar dan



tingkat energi eksitasi. Semua molekul senyawa organik mampu mengabsorpsi cahaya karena senyawa organik mengandung elektron valensi yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi, Semakin banyak kadar zat yang terkandung di dalam suatu sampel, semakin banyak cahaya pada panjang gelombang tertentu yang diserap oleh molekul. Radiasi spektrofotometri UV (Ultra-Violet) meradiasikan cahaya dengan panjang gelombang 200-780 nm. Senyawa yang dapat dianalisa oleh spektrofotometri UV adalah senyawa yang mengandung gugus kromosfor. Berikut skema dari spektrofotometer UV.



Gambar 2.6 Skema Spektrofotometer (Sheby, 2015)

Transisi pada daerah ultraviolet dan tampak yaitu transisi $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$. Transisi yang terjadi pada tanin adalah transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ akibat adanya ikatan rangkap terkonjugasi dan transisi $n \rightarrow \pi^*$ karena adanya elektron bebas. Tanin mengandung sistem yang terkonjugasi, sehingga menunjukkan pita serapan yang kuat pada daerah ultraviolet. Radiasi akan diserap tanin pada panjang gelombang lebih dari 217 nm.

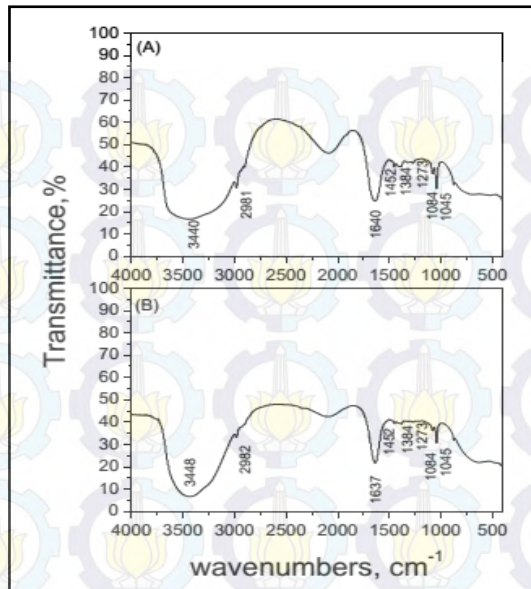
2.11 FTIR (*Fourier Transformer Infrared*)

Spektroskopi FTIR adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Kemudian sinar akan dirubah menjadi interferogram. FTIR terdiri dari 5 bagian utama, yaitu (Griffith, 1975) :



1. Sumber sinar yang terbuat dari filamen Nerst yang dipanaskan menggunakan listrik hingga temperatur 1000-1800 °C
2. *Beam Splitter*, berupa material transparan dengan indeks relatif, sehingga menghasilkan 50% radiasi akan direfleksikan dan 50% radiasi akan diteruskan.
3. *Interferometer*, adalah bagian utama FTIR yang mempunyai fungsi yaitu membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor.
4. Daerah cuplikan merupakan daerah dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke daerah cuplikan dan daerah masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian.
5. Detektor berfungsi mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan.

Mekanisme kerja dari FTIR yaitu sinar datang dari sumber sinar akan diteruskan, kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini akan dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor dan akan saling melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini kan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika. (Tahid, 1994). Berikut contoh hasil pengujian FTIR pada sampel.



Gambar 2.7 Spektra FTIR

2.12 Metode Pengurangan Berat (*weight loss*)

Prinsip pengujian ini mengacu pada ASTM G 31-72 yaitu menghitung massa logam setelah dibersihkan dari oksida dan massa tersebut adalah massa awal, kemudian logam direndam pada larutan elektrolit selama waktu yang telah ditentukan. Kemudian membersihkan produk korosi yang terbentuk setelah direndam. Massa logam dihitung kembali dari logam yang sudah dibersihkan dan dinyatakan sebagai massa akhir. Laju korosi berasal dari kehilangan berat dari logam, luas permukaan yang terendam, waktu perendaman, dan massa jenis (Denny Jones, 1992). Proses *pickling* (pembersihan produk korosi) menggunakan standar ASTM G1. 500 mL HCL dengan 3,5 g hexamethylene tetramine dicampur dengan aquades hingga mencapai 1000 mL dengan waktu pencelupan logam 10 menit serta temperatur 20 sampai 25 °C.



Laju korosi dinyatakan dalam mil (1 mil = 0.001-in) *penetration per year* dengan persamaan (Denny Jones, 1992) :

$$MPY = \frac{KW}{DAT} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana W adalah *weight loss* dalam miligram, K adalah konstanta laju korosi ($3,45 \times 10^{-6}$), D adalah massa jenis dalam gram per *cubic centimeter*, A adalah luas dalam centimeter persegi, dan T adalah waktu ekspos dalam jam.

Setelah didapat laju korosi kemudian didapatkan efisiensi dari inhibitor daun belimbing wuluh dengan menggunakan persamaan :

$$IE = \frac{CR_0 - CR_n}{CR_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana CR_0 adalah laju korosi pada 0 ppm dan CR_n adalah laju korosi pada penambahan inhibitor. Setelah efisiensi inhibitor diperoleh, maka dapat diketahui derajat *surface coverage* dengan persamaan sebagai berikut :

$$\theta = \frac{IE\%}{100} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana IE adalah efisiensi dari inhibitor dalam persen.

Untuk mengetahui jenis mekanisme adsorpsi dari inhibitor dapat diperoleh menggunakan teori langmuir :

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} + C \dots\dots\dots (2.4)$$

$$K_{ads} = \frac{1}{55,5} \exp \left(\frac{-\Delta G^0}{RT} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana, C adalah konsentrasi inhibitor (mg/l), K_{ads} adalah konstanta kesetimbangan korosi, θ adalah derajat *surface coverage*, R adalah konstanta gas ideal ($8,314 \text{ J/mol K}$), T adalah temperatur (K), dan ΔG^0 standar energi bebas adsorpsi (kJ/mol).



2.13 Tafel Polarisasi

Polarisasi (η) merupakan penyimpangan potensial elektroda (E) dari keadaan setimbang yang disebabkan karena kecepatan reaksi bersih permukaan untuk reaksi setengah sel (Denny Jones, 1992). *Tafel plots* atau bagian linear dari polarisasi *logcurrent* anodik atau katodik dan *plot* potensial di ekstrapolasi memotong garis potensial korosi. Laju korosi yang rendah secara umum dapat diukur dengan cepat. Laju korosi biasanya ditentukan dengan kesetimbangan antara reaksi elektrokimia yang berlawanan. Reaksi anodik merupakan peristiwa logam teoksidasi dan melepaskan elektron dan reaksi katodik merupakan peristiwa dimana larutan (umumnya O_2 atau H^+) mengalami reduksi, memindahkan elektron dari logam.

Pengujian polarisasi mengacu pada ASTM G 102 – 89 *Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurement* dengan menggunakan persamaan

$$i_{corr} = \frac{B}{R_p} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana B konstanta Stern-Geary dan R_p adalah tahanan polarisasi Laju korosi dapat cepat diketahui dari penghitungan tahanan polarisasi. Harga B yang konstan dapat diketahui dari *weight loss measurement* dari data elektrokimia. Nilai B didapatkan dari persamaan:

$$B = \frac{b_a b_c}{2,303 (b_a + b_c)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana b_a adalah slope anodik (mV/dec), sedangkan b_c adalah slope katodik (mV/dec). Setelah mendapatkan nilai i_{corr} nya maka dapat menentukan laju korosinya dengan menggunakan persamaan dibawah ini:



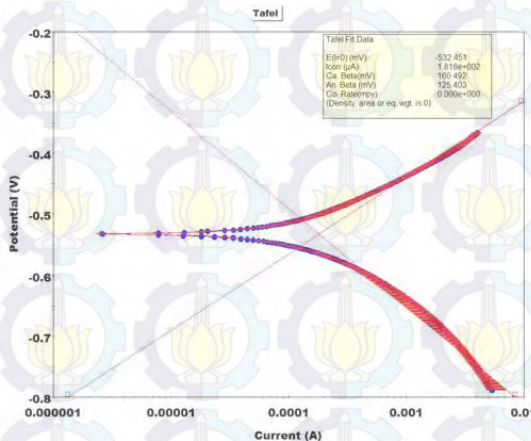
$$CR = K_i \frac{i_{corr}}{\rho} EW \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana CR adalah *Corrosion Rate* (mm/yr), K_i sebesar $3.273 \cdot 10^{-3}$, (mm g/ μ A cm yr), ρ merupakan masa jenis dari sampel (g/cm³), dan EW adalah *Equivalent Weight* (g/mol)

Selain mendapatkan laju korosi juga bisa diketahui *mass loss rate* dengan menggunakan persamaan

$$MR = K_2 \times i_{corr} \times EW \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana MR adalah Mass loss Rate (g/m²d), K_2 yang digunakan sebesar 8.9543×10^{-3} (g cm²/ μ A m² d). Berikut ini adalah contoh kurva polarisasi.



Gambar 2.8. Plot tafel hasil eksperimen (Princeton, 2011)

2.14 EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*)

Electrochemical impedance biasanya digunakan untuk mengetahui hubungan antara elektroda material dan larutan (contohnya uji korosi untuk mengetahui perbedaan lapisan logam dalam larutan garam). (Ross Macdonald, 2005)



EIS telah digunakan untuk mempelajari mekanisme korosi baja dalam larutan. Pengukuran dengan metoda EIS dapat menginterpretasikan terjadinya proses elektrokimia. (Dewi Selvia, 2004).

EIS bekerja berdasarkan respon terhadap sirkuit yang setara untuk *interface* elektroda/larutan. EIS digunakan untuk menentukan parameter kinetika elektrokimia berkaitan dengan unsur-unsur listrik seperti tahanan, R , kapasitansi, C , dan induktansi, L . Tahanan listrik dalam EIS dinyatakan dengan impedansi (Z). Impedansi adalah ukuran kemampuan suatu rangkaian dalam menahan arus listrik. Dalam impedansi, sinyal potensial dan arus AC berada dalam fasa yang berbeda, dan nilainya dipengaruhi oleh frekuensi. Impedansi elektrokimia diukur melalui potensial AC yang diterapkan pada sel elektrokimia untuk mengukur arus dengan asumsi bahwa potensial yang dibangkitkan sinusoidal. (Fiqi, 2014)

Data impedansi dapat ditunjukkan dalam plot Nyquist dimana negatif dari komponen imajiner diplot pada sumbu vertikal, dan komponen nyata diplot pada sumbu horisontal. Berikut contoh hasil kurva dari EIS (Kenneth Jeffers, 1999). Berikut contoh kurva hasil pengujian EIS .

2.15 Penelitian Sebelumnya

2.15.1 Inhibitor Kulit Pisang

Menurut penelitian Olasehinde, E.F. dkk (2012) dengan judul “Corrosion Inhibition Behaviour for Mild Steel by Extracts of *Musa sapientum* Peels in HCl Solution: Kinetics and Thermodynamics Study”, menggunakan kulit pisang dari jenis *Musa sapientum*, yang diekstrak dengan metode reflux menggunakan 10g serbuk kulitpisang dan 100ml pelarut 1M HCl selama 3 jam, kemudian dipekatkan hingga tersisa 200ml. Konsentrasi inhibitor yang digunakan antara 0,1 % hingga 10%. Menggunakan sampel berupa *Mild Steel* dan elektrolit 100ml 1M HCl. Menggunakan pengujian *weight loss* dengan tanpa penambahan inhibitor dan penambahan inhibitor dengan



konsentrasi yang berbeda-beda pada temperatur yang berbeda-beda selama 6 jam. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa ekstrak kulit pisang efisien untuk digunakan sebagai inhibitor pada *mild steel* di lingkungan 1M HCL. Mekanisme absorpsi yang terjadi adalah *physiosorption*. Efisiensi inhibitor tertinggi didapat saat perendaman 30°C dengan konsentrasi inhibitor 10% yaitu sebesar 87,50%.

Menurut penelitian M. Sangeetha, dkk (2012) dengan judul “Eco friendly extract of Banana peel as corrosion inhibitor for carbon steel in sea water” menggunakan kulit pisang yang diekstrak dengan metode maserasi dengan pelarut aquades dipekatkan hingga 100ml. Pengujian yang digunakan antara lain *weight loss*, *surface examination*, FTIR, *atomic force microscopy characterization*, potensiostatik polarisasi, AC impedance spectra. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa inhibitor kulit pisang 4ml dan 15 ppm Zn^{2+} yang ditambahkan pada lingkungan air laut memberikan efisiensi sebesar 98%. Ketika periode perendaman naik/ lama maka laju korosinya juga naik. Dari hasil polarisasi inhibitor kulit pisang merupakan *mix type of inhibitor*. Dari hasil AC impedance diketahui bahwa ekstrak kulit pisang membentuk lapisan proteksi pada permukaan metal. Dari hasil FTIR lapisan proteksi ekstrak kulit pisang mengandung senyawa kompleks Fe^{2+} . Dari hasil AFM lapisan proteksi ekstrak kulit pisang Fe^{2+} menghambat dan melindungi baja karbon dari korosi.

Menurut penelitian A. Ismail, dkk (2014) dengan judul “Banana Peel as Green Inhibitor for Stainless Steel 304” menggunakan ekstrak kulit pisang sebagai inhibitor pada SS304 dalam lingkungan NaCl 3,5%. Konsentrasi yang digunakan 5%-25%. Menggunakan pengujian FTIR, dan potensiostatik polarisasi. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa ekstrak kulit pisang meningkatkan ketahanan korosi pada SS304 dengan adsorpsi pada permukaan spesimen.



Menurut penelitian Eddy, N.O dan Ebenson, E.E (2008) dengan judul “Adsorption and inhibitive properties of ethanol extracts of *Musa sapientum* peels as a green corrosion inhibitor for mild steel in H_2SO_4 ” menggunakan kulit pisang dari jenis *Musa sapientum* diekstrak dengan metode maserasi selama 48 jam dengan pelarut ethanol. Setelah itu di evaporasi dengan temperatur 352K. Menggunakan variasi konsentrasi sebesar 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 dan 0.5 gram. Dengan menggunakan larutan elektrolit 2,5M H_2SO_4 sebanyak 1 liter. Pengujian yang digunakan antara lain *gasometric method*, *thermometric method*, *Langmuir and Frumkin parameters*. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa ekstrak kulit pisang dengan menggunakan ethanol dapat digunakan sebagai inhibitor korosi untuk material *mild steel*. Inhibitor bereaksi dengan adsorpsi ke permukaan material, berdasarkan *Langmuir and Frumkin parameters* klasifikasi adsorpsi ekstrak kulit pisang adalah isotherm. Sedangkan untuk karakteristik adsorpsinya berupa *physical adsorption mechanism*.

Menurut penelitian Salami, L., dkk (2012) dengan judul “A Study of the corrosion inhibitor of mild steel in sulphuric acid using *Musa sapientum* peels extract” menggunakan kulit pisang jenis *Musa sapientum* sebanyak 2 kg, dikeringkan di bawah sinar matahari hingga beratnya menjadi 1,2 kg. Menggunakan metode maserasi untuk mengekstrak kulit pisang dengan pelarut ethanol selama 96 jam, kemudian dipekatkan. Konsentrasi yang digunakan sebesar 0.2, 0.4, 0.6 dan 0.8 gram pada larutan elektrolit 2M H_2SO_4 . Pengujian yang digunakan adalah *weight loss* dengan variasi waktu perendaman 24jam, 48jam, 72jam, 96jam dan 120jam. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa ekstrak kulit pisang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi. Semakin banyak konsentrasi yang ditambahkan maka laju korosinya semakin menurun. Efisiensi tertinggi yang diperoleh sebesar 71% dengan lama perendaman 120jam.

Menurut penelitian N. Gunavathy dan S.C. Murugavel (2011) dengan judul “Corrosion Inhibition Studies of Mild Steel



in Acid Medium Using *Musa acuminata* Fruit Peel Extract” menggunakan kulit pisang jenis *Musa acuminata* 12,5 g diekstrak dengan metode reflux, menggunakan pelarut 1N HCl sebanyak 250 ml selama 3jam dan dipekatkan. Konsentrasi yang digunakan sebesar 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.5, 1, 1.5 dan 2 % v/v . Dari 5% ekstrak yang dihasilkan. Pengujian yang digunakan antara lain *weight loss*, *electrochemical measurements*, *potentiodynamic polarization*, *EIS*. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa ekstrak kulit pisang efektif digunakan pada konsentrasi 2%. Performa inhibitor menurun saat terjadi kenaikan temperatur. Karakteristik adsorbsinya *physical adsorbition* dengan membentuk lapisan tipis di permukaan material.

2.15.2 Komposisi Kandungan Kulit Pisang

Menurut penelitian B.A. Anlhwan (2008) dengan judul “Chemical Composition of *Musa sapientum* Banana Peels” menggunakan kulit pisang jenis *Musa sapientum* dikeringkan dengan udara selama 72 jam lalu dioven dengan temperatur 45°C. Sampel disimpan dalam *polythene container*. Hasil dari penelitian ini bahwa kulit pisang mengandung mineral tertinggi berupa potassium sebesar 78.10 mg g^{-1} . Selain itu juga mengandung *Moisture* sebesar 6.7%. protein, lemak dan karbohidrat serta antioksidan berupa saponin sebesar 24%.

2.15.3 Kandungan Antioksidan Kulit Pisang

Menurut penelitian Sri Atun, dkk (2007) dengan judul “Identification And Antioxidant Activity Test Of Some Compounds From Methanol Ekstrak Peel Of Banana (*Musa paradisiaca* Linn.)” menggunakan kulit pisang jenis *Musa paradisiaca* Linn berupa pisang kepok mentah dan matang. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi pada suhu kamar dengan pelarut metanol sebanyak 5 L selama 24 jam dan diulangi sebanyak 3x. Hasil maserasi dipekatkan dengan evaporator Buchi sampai 1/3 bagian. Pengujian yang dilakukan antarlain Spektrofotometer UV, FTIR, spektrofotometer, spektrofotometer



massa GC-MS. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa Ekstrak metanol kulit buah pisang kepok mengandung senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan, yang terbagi dalam fraksi kloroform (IC_{50} 693,15 μ g/mL), fraksi etil asetat (IC_{50} 2347,40 μ g/mL), dan fraksi butanol (IC_{50} 1071,14 μ g/mL). Dengan demikian fraksi kloroform menunjukkan aktivitas antioksidan yang relatif tinggi dibanding lainnya. Hasil pemisahan dan identifikasi struktur molekul secara spektroskopi IR, MS, dan NMR satu dan dua dimensi, senyawa metabolit sekunder dari fraksi kloroform diperoleh dua senyawa yaitu 5,6,7,4'-tetrahidroksi-3,4-flavan-diol (**5**) dan 2-sikloheksen-1-on-2,4,4- trimetil-3-O-2'-hidroksipropil eter (**7**).

Menurut penelitian Nur Atiah B.A (2010) dengan judul “Extraction Of Antioxidant Activity, Phenolic Content And Minerals In Banana Peel” kulit pisang dikeringkan pada temperatur 50-70°C selama 24 jam. Diekstrak menggunakan metode infudasi selama 120 menit. Pelarut yang digunakan berupa metanol 50%, aseton 70% dan aquades. Pengujian yang dilakukan antaralain Spektrofotometer UV dan Kromatografi (HPCL) . Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa keadaan optimum aktiviytas antioksidan, kandungan fenolik dan mineral dari kulit pisang adalah dengan pengeringan 60 °C, diekstrak dengan pelarut aseton 70% selama 2 jam pada temperatur 55-60 °C. Antioksidan yang diperoleh sebesar $1.061,33 \pm 0.03 \mu\text{mol} / \text{g}$ dan kadar fenolik sebesar $1474.17 \pm 0.02 \text{ mg} / \text{L}$.

Menurut penelitian Dita F. Alhabsyi, dkk (2014) dengan judul “aktivitas antioksidan dan tabir surya pada ekstrak kulit buah pisang goroho (*Musa acuminata L.*). 10g kulit pisang diekstrak dengan metode reflux menggunakan pelarut metanol, etanol dan aseton masing-masing 80% dan sebanyak 50ml. Di reflux selama 2 jam pada temperatur 70-78 °C, kemudian dipisahkan dengan *rotary evaporator*. Pengujian yang dilakukan antaralain Kandungan total fenolik ditentukan menggunakan



metode Folin-Ciocalteu, Kandungan total flavonoid ekstrak kulit buah pisang goroho ditentukan menurut metode Meda, Penentuan Kandungan Total Tanin, Penentuan Aktivitas Penangkal Radikal Bebas DPPH, spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa ekstrak kulit buah pisang goroho mengandung senyawa fenolik, flavonoid dan tanin. Ekstrak aseton memiliki kandungan total fenolik dan tanin yang lebih besar dari ekstrak etanol dan ekstrak metanol sedangkan untuk kandungan flavonoid yang tertinggi terdapat pada ekstrak metanol kemudian diikuti oleh ekstrak aseton dan ekstrak etanol. Selain itu, ekstrak kulit buah pisang goroho memiliki aktivitas penangkal radikal bebas yang tertinggi pada ekstrak etanol sebesar 75,71% diikuti ekstrak metanol sebesar 74,29 dan ekstrak aseton sebesar 73,37.

Menurut penelitian Juliana Christie. K, dkk (2013) dengan judul “Analisis Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antioksidan Dari Getah Kulit Buah Pisang Goroho (*Musa Acuminata* (L.))” Ekstraksi getah segar menggunakan pelarut etanol 20, 40, 60, dan 80%. Ekstraksi dilakukan secara maserasi. Sebanyak 5 g getah segar dari kulit buah pisang goroho dimasukkan ke dalam masing-masing gelas *Erlenmeyer* kemudian ditambahkan pelarut hingga 50 mL. Maserasi dilakukan selama 24 jam kemudian disaring dan disentrifugasi. Untuk menghilangkan pelarutnya filtrat di keringkan dengan suhu kamar 25 °C sampai 27 °C. Penapisan fitokimia dilakukan dengan analisis alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, terpenoid dan tanin. Penentuan Aktivitas Antioksidan dilakukan dengan penangkal radikal bebas DPPH. Berdasarkan hasil dari penapisan fitokimia bahwa ekstrak getah kulit buah pisang goroho mengandung flavonoid, saponin dan tanin. Ekstrak etanol 80% getah kulit buah pisang goroho konsentrasi 100 µg/mL memiliki nilai aktivitas antioksidan yang paling tinggi. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa ekstrak fenolik dari getah kulit buah pisang goroho memiliki kemampuan baik sebagai penangkal radikal bebas DPPH.



Menurut penelitian Eva Nuramanah,dkk (tidak diketahui) Dengan judul “ Kajian Aktivitas Antioksidan Kulit Pisang Raja Bulu (*Musa Paradisiaca* L. Var *Sapientum*) Dan Produk Olahannya”. Kulit pisang diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan metanol selama 24 jam. Kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada kuli pisang adalah flavonoid, terpenoid dan tanin. Diuji menggunakan DPPH dan spektrofotometer UV-Vis. Dari penelitian diperoleh kandungan antioksidan sebesar 97,85%. Aktivitas antioksidan terbaik didapatkan dengan metode pengeringan *freeze dryer* yaitu sebesar 88,31%.

Menurut penelitian Edi Suryanto,dkk (2011) dengan judul “Potensi Senyawa Polifenol Antioksidan Dari Pisang Goroho (*Musa Sapien* Sp.)” Ekstraksi senyawa polifenol antioksidan dari pisang goroho menggunakan pelarut metanol, etanol dan aseton selama 2 jam pada suhu kamar. Selanjutnya masing-masing ekstrak dianalisa kandungan senyawa polifenol yang meliputi total fenolik, flavonoid dan tannin terkondensasi. Untuk mengetahui aktivitas antioksidan diuji berdasarkan kemampuan menangkal radikal bebas DPPH dan kandungan total antioksidan ekstrak menggunakan spektrofotometer. Selain itu, ekstrak terbaik pisang goroho juga dievaluasi stabilitasnya terhadap panas pada suhu 100°C selama 15, 30, 45, 60 dan 120 menit. Hasil analisis kandungan total fenolik tertinggi terdapat pada ekstrak aseton sebesar 181,87 mg/kg sampel, kandungan total flavonoid sebesar 4,75 mg/kg sampel terdapat pada ekstrak etanol dan kandungan tannin terkondensasi sebesar 54,63 mg/kg sampel terdapat pada ekstrak aseton. Ekstrak asetonpisang goroho memiliki aktivitas penangkal radikal bebas tertinggi (94,32%) dibandingkan ekstrak etanol(85,39%) dan metanol (76,38%). Sedangkan pada penentuan total antioksidan ekstrak aseton buah pisang goroho memiliki total antioksidan tertinggi dibandingkan ekstrak metanol dan etanol. Kandungan total antioksidan dari ekstrak aseton, metanol dan etanol berturut-turut adalah 1,83; 1,74; dan 1,74 mmol/100 g. Hasil pengujian stabilitaspada pemanasan 100°C



memperlihatkan perubahan kandungan total fenolik, aktivitas penangkal radikal bebas dan total antioksidan selama 120 menit. Akan tetapi, perubahan ketiga pengujian ini tidak menunjukkan penurunan yang tajam selama 60 menit pemanasan yang masih memperlihatkan aktivitas lebih besar 80%. Hasil ini mengindikasikan bahwa stabilitas ekstrak pisang goroho terhadap panas sangat tergantung pada lamanya pemanasan. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa pisang goroho mengandung senyawa fenolik, flavonoid dan tannin serta memiliki aktivitas antioksidan.

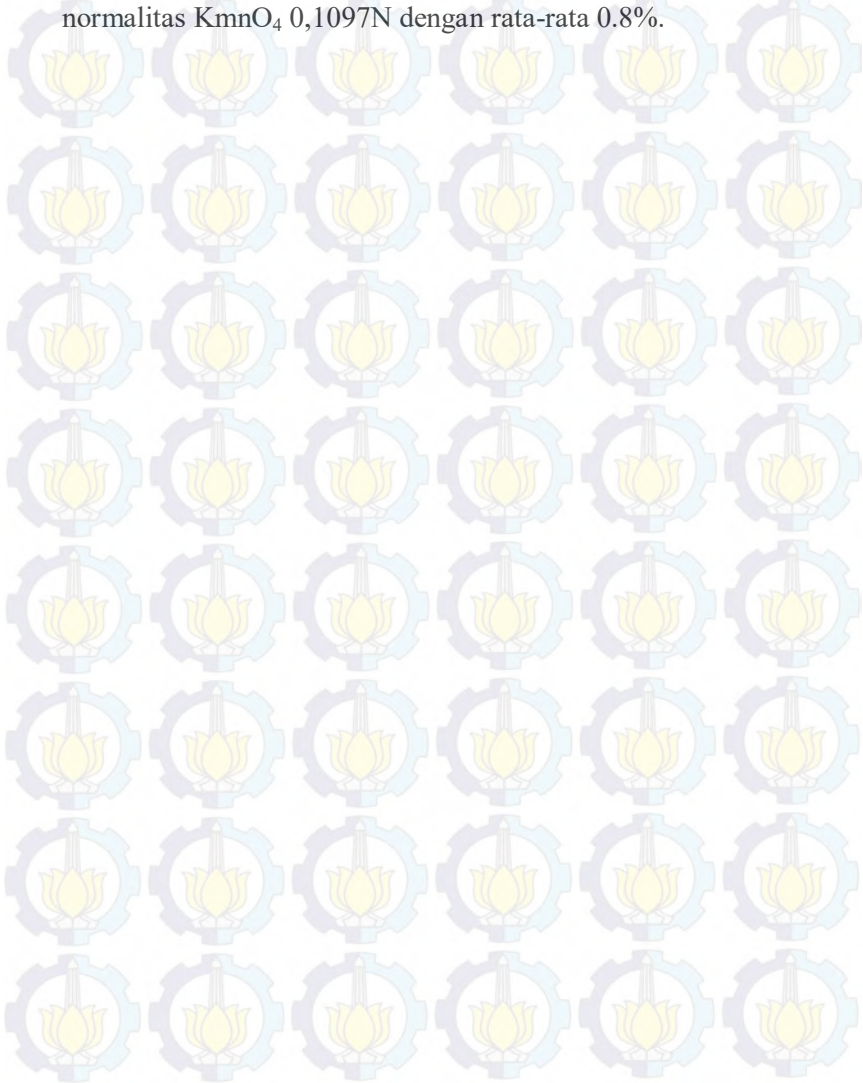
Menurut penelitian Elfira Rosa P (2013) dengan judul “Uji Aktivitas Senyawa Antioksidan Dari Ekstrak Metanol Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca* Sapientum)” Dilakukan penelitian uji aktivitas senyawa antioksidan dari ekstrak metanol kulit pisang raja (*Musa paradisiaca* Sapientum). Ekstraksi dilakukan dengan cara maserasi menggunakan pelarut metanol. Ekstraksi bertingkat dilakukan terhadap ekstrak metanol dengan *n*-heksan dan etil asetat. Dari uji fitokimia terhadap fraksi metanol menunjukkan positif flavonoid. Pengujian aktifitas antioksidan dilakukan dengan reaksi oksidasi asam linoleat dengan metoda feritiosianat (FTC) 0,05%. Sebagai standar antioksidan digunakan Butil hidroksianisol (BHA). Hasil penelitian ini menunjukkan ekstrak metanol, fraksi *n*-heksan dan etil asetat memiliki aktifitas antioksidan yang tidak jauh berbeda dengan BHA. Sedangkan fraksi etil asetat memiliki aktifitas antioksidan yang lebih tinggi daripada BHA.

2.15.4 Kandungan Tanin Kulit Pisang

Menurut penelitian Ebry Ryanata (2014) dengan judul “Penentuan Jenis Tanin Dan Penetapan Kadar Tanin Dari Kulit Buah Pisang Masak (*Musa Paradisiaca* L) Secara Spektrofotometri Dan Permanganometri”. Serbuk kulit pisang diekstrak dengan metode maserasi kinetik dengan pelarut etanol 70%. Pengujian yang dilakukan antara lain spektrofotometer dan permanganometri. Rata-rata kadar tanin yang didapat secara



spektrofotometri adalah 2,45%. Dengan menggunakan pemanganometri didapat normalitas asam oksalat 0,11N dan normalitas KmnO_4 0,1097N dengan rata-rata 0.8%.

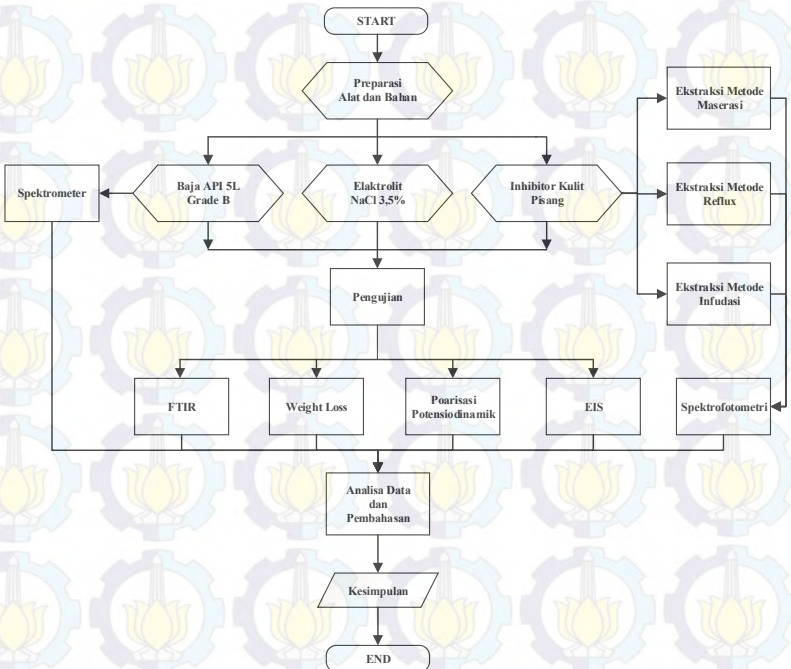




(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap pembelajaran awal dalam memulai sebuah penelitian, studi literatur merupakan gambaran singkat yang telah dipelajari,



dan disusun secara sistematis, studi literatur bisa dari buku-buku penunjang, maupun jurna-jurnal terkait yang memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dikerjakan, diantaranya mengenai metode-metode ekstraksi dalam proses pembuatan inhibitor, korosi pada baja API 5L grade B pada lingkungan NaCl 3,5%, serta pencegahan korosi menggunakan inhibitor kulit buah pisang.

2. Eksperimental

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini antara lain adalah pengujian spektrometer, pengujian spektrofotometri, pengujian *fourier transform infra red* (FTIR), pengujian *weight loss*, pengujian polarisasi tafel dan pengujian *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS)

3.3 Preparasi

Preparasi yang dilakukan meliputi preparasi kulit pisang candi sehingga menjadi ekstrak dan preparasi dari specimen, serta preparasi dari larutan elektrolit.

3.3.1 Preparasi Kulit Pisang Candi

3.3.1.1 Preparasi Inhibitor Menjadi Serbuk

Langkah-langkah untuk memproses kulit pisang candi menjadi serbuk adalah :

1. Memilih dan membersihkan kulit pisang candi dari kotoran.
2. Mengeringkan kulit pisang candi dengan udara bebas.
3. Menghaluskan kulit pisang candi yang sudah kering tersebut dengan blender hingga menjadi serbuk.

3.3.1.2 Proses Ekstraksi Kulit Pisang Candi

Ada 3 metode yang dilakukan untuk mengekstrak kulit pisang candi. Metode yang dilakukan bervariasi sesuai dengan



tujuan penelitian ini. Berikut akan dijelaskan berbagai metode ekstraksi dari kulit pisang candi.

- Metode Maserasi.

Peralatan yang digunakan pada metode ini adalah :

- | | |
|-----------------------------|----------|
| 1. Baskom | 1 buah |
| 2. Saringan | 1 buah |
| 3. Kertas saring | 4 lembar |
| 4. <i>Rotary evaporator</i> | 1 set |

Sedangkan bahan yang dibutuhkan untuk metode ini adalah :

- | | |
|------------------------------|---------|
| 1. Serbuk kulit pisang candi | 50 gram |
| 2. Acetone | 350 ml |
| 3. Aquades | 150 ml |

Setelah alat dan bahan terpenuhi berikut ini adalah langkah untuk mengekstrak kulit pisang candi dengan cara maserasi :

1. Memasukkan 50 gram kulit pisang candi yang sudah dihaluskan ke dalam baskom.
2. Menuang campuran acetone dan aquades (3:7) sebanyak 500 ml ke dalam baskom.
3. Mendinginkan kulit pisang candi yang terendam selama 24 jam sambil sesekali diaduk
4. Menyaring ekstrak kulit pisang candi dengan saringan biasa.
5. Menyaring lagi hasil filtrat saringan pertama dengan kertas saring.
6. Memekatkan larutan hasil filtrat dengan *Rotary evaporator* pada temperatur 60 °C.
7. Melakukan langkah 1-6 sebanyak 2 kali.

- Metode Refluks.

Peralatan yang digunakan pada metode ini antara lain:

- | | |
|-------------------|--------|
| 1. Labu leher 2 | 1 buah |
| 2. Bulb kondensor | 1 buah |



- | | |
|------------------------------------|---------|
| 3. <i>rotary evaporator</i> | 1 set |
| 4. Pompa aquarium | 1 buah |
| 5. Panci aluminium | 1 buah |
| 6. Kertas saring | 1 buah |
| 7. Wadah plastik | 1 buah |
| 8. Selang air \varnothing 0,5 mm | 1 meter |
| 9. Termometer | 1 buah |
| 10. Statif | 1 set |
| 11. Ember plastik | 1 buah |

Sedangkan bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

- | | |
|------------------------------|------------|
| 1. Serbuk kulit pisang candi | 50 gram |
| 2. Acetone | 350 ml |
| 3. Aquades | 150 ml |
| 4. Air pendingin | secukupnya |
| 5. Plastisin | secukupnya |

Setelah semua peralatan dan bahan tersedia, berikut adalah langkah mengekstrak inhibitor kulit pisang candi :

1. Memasukkan serbuk kulit pisang candi ke dalam labu leher dua sebanyak 50 gram.
2. Menuang campuran acetone dan aquades (3:7) sebanyak 500 ml kedalam labu leher dua sambil diaduk merata.
3. Menghubungkan selang air ke bulb kondensor dan ke pompa aquarium dalam ember plastic.
4. Mengisi ember plastic dengan air pendingin (air es) secukupnya.
5. Memasang bulb kondensor dan termometer pada masing masing leher labu
6. Mengkalibrasi temperature *magnetic stirer* terlebih dahulu.
7. Meletakkan labu leher dua kedalam wadah aluminium yang berisi air dan setting temperatur



pada magnetic stirrer, temperatur ekstrak dijaga pada temperatur 55-60 °C dan diekstrak selama 2 jam.

8. Setelah 2 jam, ekstrak kulit pisang candi disaring menggunakan kertas saring, kemudian dipekatkan menggunakan wadah aluminium dengan temperatur 60°C, dilakukan hingga ekstrak menjadi pekat.
9. Melakukan langkah 1-8 sebanyak 2 kali.

- Metode Infudasi.

Peralatan yang digunakan pada metode ini adalah :

- | | |
|-----------------------------|----------|
| 1. <i>Glass baker</i> | 1 buah |
| 2. Saringan | 1 buah |
| 3. Kertas saring | 4 lembar |
| 4. <i>Magnetic Stirrer</i> | 1 buah |
| 5. <i>Rotary evaporator</i> | 1 set |

Sedangkan bahan yang dibutuhkan untuk metode ini adalah:

- | | |
|------------------------------|---------|
| 1. Serbuk kulit pisang candi | 50 gram |
| 2. Acetone | 350 ml |
| 3. Aquades | 150 ml |

Setelah alat dan bahan terpenuhi berikut ini adalah langkah untuk mengekstrak kulit pisang candi dengan cara infudasi :

1. Memasukkan 50 gram kulit pisang candi yang sudah dihaluskan ke dalam *Glass baker*.
2. Menuang campuran acetone dan aquades (3:7) sebanyak 500 ml ke dalam *Glass baker*.
3. Memanaskan campuran serbuk kulit pisang candi dan pelarut dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan temperatur 55-60°C selama 2 jam dan sesekali diaduk.
4. Setelah 2 jam, ekstrak kulit pisang candi disaring menggunakan kertas saring, kemudian dipekatkan menggunakan wadah aluminium dengan temperatur 60°C, dilakukan hingga ekstrak menjadi pekat.



5. Melakukan langkah 1-4 sebanyak 2 kali.

3.3.2 Preparasi Spesimen Baja API 5L grade B

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah Baja API 5L grade B. Berikut adalah preparasi dari specimen baja API 5L grade B.

- **Spesimen Uji Weight Loss**

1. Memotong spesimen dengan ukuran 20 x 20 x 3 mm sebanyak 12 buah direndam 3,5% NaCl dengan penambahan inhibitor daun belimbing wuluh.
2. Membor spesimen baja API 5L grade B pada salah satu sisi dengan diameter bor 3 mm.
3. Lapisan coating pada baja ini dihilangkan dengan cara pickling menggunakan HCl selama 5 menit lalu dibilas dengan menggunakan larutan basa.



Gambar 3. 1 Spesimen Baja API 5L grade B

3.3.3 Preparasi Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan NaCl 3,5% yang dikondisikan pada pH 5. Berikut adalah langkah-langkah untuk membuat larutan NaCl 3,5%:

1. Menimbang kristal NaCl sebanyak 35,245 gram.
2. Melarutkan kristal NaCl ke dalam gelas breaker dengan aquades sebanyak 1000 ml, sehingga diperoleh konsentrasi NaCl 3,5%.



3.4 Pengujian

3.4.1 Pengujian Spektro Baja API 5L grade B

Bertujuan untuk menentukan komposisi kimia pada Baja API 5L Grade B. Pengujian ini dilakukan pada PT. Barata Indonesia dengan alat *spektroanalyzer unit foundry* Gresik.

3.4.2 Pengujian Spektrofotometri

Bertujuan untuk menentukan kadar tannin total didalam ekstrak kulit pisang candi. Pengujian ini dilakukan di Unit Layanan Pengujian Universitas Airlangga Surabaya. Langkah-langkah pengujian Spektrofotometri adalah sebagai berikut:

A. Prosedur Pembuatan Kurva Baku

1. Dibuat larutan baku Tanin dengan kadar 5 sampai 40 ppm (Pelarut H_2O)
2. Maing-masing kadar dipipet 1,0 mL dimasukkan ke dalam vial
3. Kemudian tambahkan 0,5 mL Folin-Ciocalteu
4. Diamkan selama 5 menit, kemudian tambahkan 2 mL 10% larutan Natriumkarbonat
5. Diamkan 10 menit sebelum diukur absorbansinya (pada $\lambda = 770 \text{ nm}$)

B. Prosedur Preparasi Sampel :

1. Dipipet 25 μL ad10 mL
2. Dipipet 1,0 mL aliquot, masukkanke dalam vial
3. Kemudian tambahkan 0,5 mL Folin-Ciocalteu
4. Diamkan 5 menit, kemudian tambahkan 2 mL 10% larutan Natriumkarbonat
5. Diamkan 10 menit sebelum diukur absorbansinya (pada $\lambda = 770 \text{ nm}$)

3.4.3 Pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada inhibitor ekstrak kulit pisang candi dan baja API 5L grade B yang telah dilakukan perendaman dengan uji *weight loss*. Pengujian ini dilakukan di Jurusan Teknik Material



dan Metalurgi ITS. Metode spektroskopi yang digunakan dalam pengujian FTIR adalah metoda absorpsi yaitu suatu metoda yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmision cahaya yang melewati *sample*, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang. Dari panjang gelombang tersebut, akan dapat ditentukan gugus fungsi yang bersesuaian dengan panjang gelombang yang terekam pada masing-masing sampel. Dengan melakukan pengujian FTIR akan dihasilkan kurva *peak* atau gelombang dengan intensitas yang berbeda-beda dari perbedaan *peak* tersebut maka dapat ditentukan gugus fungsinya sehingga diketahui kandungan (tipe senyawa) yang terkandung dalam masing masing sampel.



Gambar 3.3 Alat Pengujian FTIR

3.4.4 Pengujian *Weight Loss*

Pengujian *weight loss* bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada baja API 5L grade B di lingkungan NaCl 3,5% dengan penambahan inhibitor ekstrak kulit pisang candi dari berbagai metode ekstraksi seperti maserasi reflux dan infudasi dengan konsentrasi 500 ppm dan durasi waktu perendaman



selama 168, 336 dan 504 jam. Pengujian ini dilakukan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah:

- Weight loss tanpa penambahan inhibitor
 1. Menyiapkan wadah plastik untuk tempat perendaman spesimen.
 2. Menyiapkan 3 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 20x20x3 mm.
 3. Melakukan penimbangan awal pada masing-masing spesimen.
 4. Memasukkan larutan elektrolit ke dalam wadah plastik.
 5. Merendam baja API 5L grade B ke dalam elektrolit.
 6. Spesimen pertama direndam selama 168 jam, kemudian dilakukan penimbangan.
 7. Spesimen kedua direndam selama 336 jam, kemudian dilakukan penimbangan.
 8. Spesimen ketiga direndam selama 504 jam, kemudian dilakukan penimbangan.
 9. Melakukan uji FTIR.
- Weight loss dengan penambahan inhibitor
 1. Menyiapkan wadah plastik untuk tempat perendaman spesimen.
 2. Menyiapkan 3 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 20x20x3 mm.
 3. Melakukan penimbangan awal pada masing-masing spesimen.
 4. Memasukkan larutan elektrolit ke dalam wadah plastik.
 5. Memasukkan inhibitor dari berbagai metode ekstraksi dengan konsentrasi 500 ppm
 6. Merendam baja API 5L grade B ke dalam campuran elektrolit dan inhibitor.



7. Spesimen pertama direndam selama 168 jam, kemudian dilakukan penimbangan.
8. Spesimen kedua direndam selama 336 jam, kemudian dilakukan penimbangan.
9. Spesimen ketiga direndam selama 504 jam, kemudian dilakukan penimbangan.
10. Melakukan uji FTIR.

Dalam penentuan laju korosi suatu logam, maka digunakan persamaan berikut ini^[35]:

$$CR = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

W = Berat yang hilang (gram)

D = Berat jenis logam (gram/cm³)

A = Luas permukaan kontak (cm²)

T = Waktu paparan (jam)

K = Konstanta laju korosi (mpy = 3,45x10⁶)

Sedangkan persamaan untuk menghitung efisiensi inhibisi dijelaskan berikut ini.

$$IE (\%) = \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} \times 100 \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

CR_{uninhibited} = laju korosi tanpa inhibitor

CR_{inhibited} = laju korosi dengan inhibitor

3.4.5 Pengujian Polarisasi Tafel

Sebelum pengukuran baja API 5L Grade B dalam media uji dengan metode Tafel, terlebih dahulu dilakukan pengaturan seperti pada Tabel 3.1. Pengaturan ini dilakukan untuk semua variasi sampel untuk mendapatkan data pengujian laju korosi. Pengujian tafel ini menggunakan alat Autolab PGT84270. Baja API 5L grade B pada pengujian ini berdimensi 20 x 20 x 3 mm yang kemudian dicelupkan ke larutan elektrolit sebesar luas permukaan terbuka 20 x 10 mm. Pengujian ini dilakukan di



Laboratorium Elektrokimia dan Korosi Jurusan Teknik Kimia ITS.

Tabel 3. 1 Uji Korosi dengan Metode Tafel

Elektrode Kerja	API 5L Grade B
<i>Equivalent Weight (g)</i>	27.925
Densitas (g/ml)	7.85
Luasan Terekspos (cm ²)	5.8 dan 5.54
<i>Counter Electrode</i>	Platina
<i>Reference Electrode</i>	KCl
<i>Scan Rate (V/s)</i>	0.001
<i>Sweep Range</i>	0.1 – 1000
<i>Start Potential (V)</i>	-0.3 vs E _{corr}
<i>Finish Potential (V)</i>	+0.3 vs E _{corr}

Prosedur pengujian polarisasi potensiodinamik adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen baja API 5L grade B dengan *surface* kontak sebesar 20 mm x 10 mm dan larutan elektrolit NaCl 3,5% dan penambahan inhibitor dari berbagai metode ekstraksi
2. Memasukkan larutan elektrolit kedalam gelas sebanyak 100 ml.
3. Memasang elektroda kerja pada rangkaian alat polarisasi.
4. Menjalankan pengujian polarisasi dengan bantuan software AUTOLAB.

Berikut adalah persamaan yang akan digunakan dalam menentukan laju korosi dan laju kehilangan massa.

$$B = \frac{b_a \cdot b_c}{2,303 (b_a + b_c)} \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana:

B = Stern-Geary constant (V)

b_a = slope of anodic Tafel reaction (V/decade)

b_c = slope of cathodic Tafel reaction (V/decade)



Setelah dilakukan perhitungan i_{cor} dengan persamaan dibawah ini.

$$i_{cor} = \frac{B}{R_p} \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana:

i_{cor} = corrosion current density ($\mu A/cm^2$)

R_p = polarization resistance (Ωcm^2)

Kemudian dilakukan perhitungan *corrosion rate* dengan persamaan berikut.

$$CR = K_1 \frac{i_{cor}}{\rho} EW \dots \dots \dots (3.7)$$

dimana:

CR = corrosion rate (mpy)

$K_1 = 0,1288$ (mpy g/ $\mu A cm$)

ρ = densitas logam (g/cm^3)

EW = equivalent weight (g/mol)

Setelah nilai *corrosion rate* diperoleh, maka mencari nilai *mass loss rate* dengan persamaan berikut ini.

$$MR = K_2 \cdot i_{cor} \cdot EW \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana:

MR = mass loss rate ($g/m^2 d$)

$K_2 = 8,954 \times 10^{-3}$ ($g cm^2/\mu A m^2 d$)

3.4.6 Pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS)

Pengujian EIS dilakukan dengan cara menjepit spesimen baja API 5L grade B pada alat uji EIS dan dianalisa dengan menggunakan software Autolab PGT84948 yang terdiri dari elektroda kerja, elektroda acuan dan elektroda bantu. *Electrochemical Impedance Spectroscopy* adalah suatu metode untuk menganalisis respon suatu electrode yang terkorosi terhadap sinyal potensial AC sebagai fungsi frekuensi. Metode EIS dimaksudkan untuk mengetahui inhibisi pada logam dengan inhibitor apakah secara kinetika dikontrol oleh transfer muatan ataukah transfer massa. Pada prinsipnya EIS digunakan untuk menentukan parameter kinetika elektrokimia berkaitan dengan



elemen-elemen listrik seperti tahanan, R, kapasitansi, C, dan induktansi, L. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian EIS dengan variasi media korosif NaCl 3,5% serta konsentrasi inhibitor ampas anggur pada efisiensi tertinggi yang didapatkan dari metode *weight loss*. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Elektrokimia dan Korosi Jurusan Teknik Kimia ITS.

Pengujian elektrokimia Tafel dan EIS memiliki langkah – langkah pengujian yang sama, yaitu sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen baja API 5L grade B dengan *surface* kontak sebesar 20 mm x 10 mm dan larutan elektrolit NaCl 3,5% pH 5 dan penambahan inhibitor.
2. Memasukkan larutan elektrolit kedalam gelas sebanyak 100 ml.
3. Memasang elektroda kerja pada rangkaian alat polarisasi.
4. Menjalankan pengujian polarisasi dengan bantuan software AUTOLAB.

3.5 Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian

Untuk memudahkan dalam mengolah dan menganalisa data yang didapat, maka dibuat rancangan percobaan sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Tabel Pengujian Weight Loss

168 Jam				
METODE EKSTRAKSI (500 mg/L)	LAJU KOROSI (Mpy)		RATA- RATA (Mpy)	EFISIENSI (%)
TANPA INHIBITOR	1			
	2			
	3			



MASERASI	1			
	2			
	3			
REFLUX	1			
	2			
	3			
INFUDASI	1			
	2			
	3			
336 Jam				
METODE EKSTRAKSI (500 mg/L)	LAJU KOROSI (Mpy)		RATA-RATA (Mpy)	EFISIENSI (%)
TANPA INHIBITOR	1			
	2			
	3			
MASERASI	1			
	2			
	3			
REFLUX	1			
	2			



	3			
INFUDASI	1			
	2			
	3			
504 jam				
METODE EKSTRAKSI (500 mg/L)	LAJU KOROSI (Mpy)		RATA- RATA (Mpy)	EFISIENSI (%)
TANPA INHIBITOR	1			
	2			
	3			
MASERASI	1			
	2			
	3			
REFLUX	1			
	2			
	3			
INFUDASI	1			
	2			
	3			



Tabel 3.3 Tabel Pengujian Polarisasi Tafel

Metode Ekstraksi	b_a $(\frac{mV}{dec})$	b_c $(\frac{mV}{dec})$	I_{corr} $(\frac{\mu A}{cm^2})$	MR $(\frac{g}{m^2d})$	B (V)
Non					
Maserasi					
Reflux					
Infudasi					
Metode Ekstraksi	CR		E_{corr}	EI	
	(mmpy)	(mpy)	(mV)	(%)	
Non					
Maserasi					
Reflux					
Infudasi					

Tabel 3.4 Tabel Pengujian EIS

Parameter	Non Inhibitor	Inhibitor Kulit pisang candi Jawa 500 mg/L
R_s ($m\Omega$)		
R_p ($m\Omega$)		
CPE (mMho)		
CPE (N)		

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan prosedur penelitian pada bab sebelumnya maka diperoleh data-data berupa komposisi kimia baja API 5L Grade B dengan uji *spektrometer*, hasil ekstraksi kulit pisang candi dengan menggunakan metode maserasi, reflux dan infudasi, kadar tanin pada ekstrak kulit pisang candi dengan uji *spektroanalyzer*, senyawa yang terdapat pada ekstrak kulit pisang candi dan permukaan spesimen uji dengan FTIR, laju korosi dan efisiensi inhibitor dengan uji *weight loss* dan tafel polarisasi, mekanisme inhibisi dari inhibitor. dengan EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*.)

4.1 Hasil Pengujian Spektro Baja API 5L Grade B

Pengujian ini dilakukan di PT. Barata Indonesia dengan *spektroanalyzer unit foundry* Gresik. Berikut adalah komposisi kimia dari baja API 5L Grade B:

Tabel 4.1. Komposisi Kimia Baja API 5L Grade B

Unsur	Komposisi (%)
C	0,116
Si	0,222
Mn	0,379
P	0,0289
S	0,0076
Cu	0,0092
Ni	0,0073
Cr	0,0331
Mo	0,0027
Al	0,0023
Fe	99,1



Dari pengujian spectrometer, baja API 5L grade B tergolong ke dalam *low carbon steel* dikarenakan kadar karbon kurang dari 0,30%. Unsur tambahan dalam baja berguna untuk memperbaiki sifat mekanik dan ketahanan terhadap korosi. Unsur paduan silikon (Si) mempengaruhi sifat mekanik yaitu menaikkan kekuatan serta kekekerasan material bila kadarnya lebih dari 0,4%. Unsur paduan mangan (Mn) dapat menambah kekuatan dan keuletan dari struktur baja, namun kandungan mangan yang kurang dari 0,6% tidak memberikan pengaruh besar pada struktur baja. Baja API 5L grade B ini hanya memiliki kadar silikon sebesar 0,222% dan kadar mangan sebesar 0,379%. Unsur paduan chrom pada baja API 5L grade B hanya sebesar 0,0331%. Kadar chrom yang sangat sedikit ini tidak begitu baik dalam hal ketahanan korosi, dimana untuk memiliki sifat tahan korosi yang baik dibutuhkan penambahan unsur paduan chrom sedikitnya 5%.

4.2 Hasil Ekstraksi Kulit Pisang Candi

Ekstraksi pada kulit pisang candi ini dilakukan dengan berbagai metode, yaitu metode maserasi, refluks, dan infudasi. Proses ekstraksi ini bertujuan untuk menarik senyawa tanin yang ada pada kulit pisang candi. Masing-masing metode memiliki perlakuan yang berbeda dan menghasilkan kualitas ekstrak yang berbeda pula. Dari 3 kilogram kulit pisang candi basah dikeringkan selama 7 hari dan diperoleh serbuk kulit pisang candi kering sebanyak 1,2 kilogram. Serbuk daun kulit pisang candi ini yang akan digunakan untuk proses ekstraksi sebanyak 50 gram untuk masing-masing metode ekstraksi. Masing-masing proses ekstraksi menggunakan pelarut yang sama yaitu campuran aseton dan aquades dengan perbandingan sebesar 7:3 sebanyak 500 ml.

Menurut penelitian Dita F. Alhabsyi (2014) ekstrak kulit buah pisang goroho mengandung senyawa fenolik, flavonoid dan tanin. Ekstrak aseton memiliki kandungan total fenolik dan tanin yang lebih besar dari ekstrak etanol dan ekstrak metanol sedangkan untuk kandungan flavonoid yang tertinggi terdapat pada ekstrak metanol kemudian diikuti oleh ekstrak aseton dan



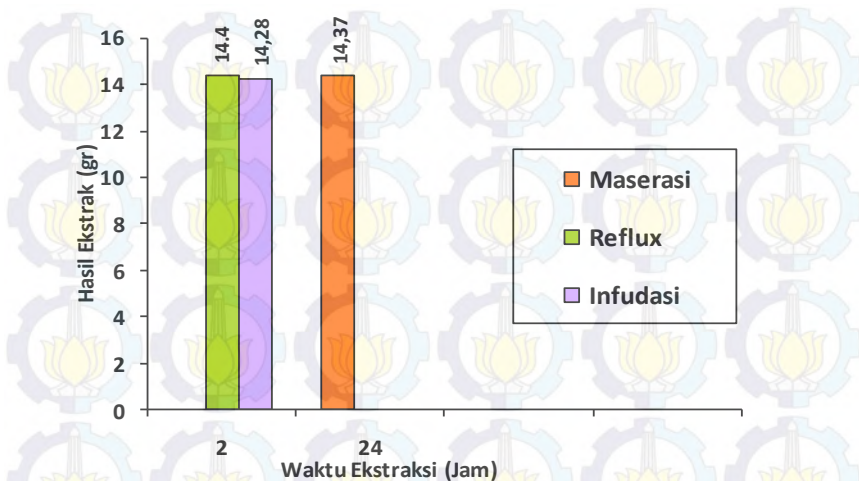
ekstrak etanol. Sehingga aseton dipilih sebagai pelarut karena lebih optimal dalam mengikat senyawa tanin dibanding jenis pelarut lainnya.

Pengekstrakan kulit pisang candi dari setiap metode ekstraksi dilakukan sebanyak dua kali pemrosesan, hal ini dilakukan agar data yang dihasilkan dapat lebih akurat. Dari dua kali proses pengekstrakan akan didapatkan rata-rata hasil ekstrak dari setiap metode ekstraksi. Hasil ekstrak dari setiap metode ekstraksi dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut

Tabel 4.2 Hasil Ekstrak Dari Berbagai Metode Ekstraksi

No	Metode ekstraksi	Hasil (gr)	Rata-rata (gr)
1	Maserasi	12,57	14,37
		16,17	
2	Reflux	13,38	14,40
		15,42	
3	Infudasi	13,56	14,28
		15,00	

Untuk mengetahui metode yang paling efektif maka dari hasil ini dibandingkan dengan lama waktu pemrosesan dari setiap metode ekstraksi. Grafik hubungan waktu pengekstrakan dan hasil ekstraksi dari berbagai metode dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Waktu Pengekstrakan Dan Hasil Ekstraksi Dari Berbagai Metode

Pada tabel 4.2 dan gambar 4.1 didapatkan ekstrak dari metode maserasi sebesar 14,37 gr yang diproses selama 24 jam, dari metode reflux sebesar 14,40 gr yang diproses selama 2 jam dan dari metode infudasi sebesar 14,28 gr yang diproses selama 2 jam.

Hasil yang diperoleh dari setiap metode memiliki selisih jumlah yang tidak terlalu signifikan yaitu berkisar 14 gr. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode reflux dan infudasi efektif digunakan dalam proses ekstraksi kulit pisang candi, ditinjau dari lama waktu pemrosesan Metode reflux menghasilkan jumlah paling banyak dibandingkan metode yang lain karena melibatkan pemanasan saat pemrosesan ekstrak. Menurut penelitian Widiastuti (2003) Semakin tinggi temperatur, semakin cepat pula gerakan molekulnya. Temperatur dapat meningkatkan laju



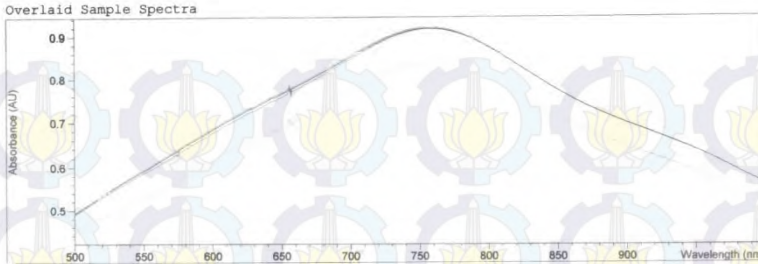
perpindahan massa senyawa dari daun belimbing wuluh. Kontak solut dalam sampel dengan pelarut semakin sering sehingga diperoleh ekstrak lebih banyak dari pada metode maserasi.

Namun pada metode infudasi yang juga melibatkan panas ekstrak yang dihasilkan tidak sebanyak hasil ekstrak metode reflux hal ini terjadi karena pada saat ekstraksi dilakukan instrumen yang digunakan tidak dilengkapi penutup sehingga potensi menguapnya pelarut saat proses pemanasan meningkat. Oleh sebab itu sebaiknya saat menggunakan metode ekstraksi infudasi menggunakan instrumen yang dilengkapi penutup agar pelarut tidak menguap dan hasil ekstrak yang didapatkan menjadi lebih banyak.

4.3 Hasil Pengujian Spektrofotometri

Pengujian spektrofotometri merupakan pengujian kuantitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa taninyang ada pada inhibitor kulit pisang candi. Sebelum dilakukan pengujian kulit pisang candi dipreparasi dengan mengekstrak kulit pisang candi dengan menggunakan metode maserasi, reflux dan infudasi, sehingga didapatkan ekstrak kulit pisang candi yang kental. Spektrofotometri ini menggunakan absorbansi sebesar 770 nm. Kandungan tanin dapat diidentifikasi melalui panjang gelombang absorbansi maksimal yang mampu diserap oleh sampel ekstrak kulit pisang candi.

Pada gambar 4.2 berikut adalah hasil uji spektrofotometri berupa *overlaid spektra* dari ekstrak kulit pisang candi yang diekstrak menggunakan metode ekstraksi maserasi, refluks, dan infudasi.



Gambar 4.2 Spektra Overlaid Sampel Ekstrak Kulit Pisang Candi Hasil Metode Maserasi, Refluks, Dan Infudasi.

Pengujian spektrofotometri pada ekstrak kulit pisang candi dengan metode maserasi, reflux dan infudasi dilakukan sebanyak 2 kali pengujian dengan volume sampel sebanyak 0,05 g atau 10 ml pada masing-masing metode ekstraksi. Sehingga dari *overlaid spektra* diperoleh data yang ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Sampel Tanin

Metode	Absorbansi	Ppm	Kadar Tanin % (b/v)	Rata-Rata
Maserasi	0,83856	29,750	1,190	1,19
	0,92085	29,839	1,189	
Reflux	0,91651	32,516	1,290	1,29
	0,92076	32,666	1,294	
Infudasi	0,91763	32,555	1,30	1,30
	0,92085	32,670	1,29	

Dari tabel 4.3 diatas didapatkan bahwa pada masing-masing sampel dengan volume sebanyak 0,05 g atau 10 ml absorbansi, didapat kandungan tanin pada metode maserasi



sebesar 1,19%, metode reflux sebesar 1,29 dan metode infudasi sebesar 1,30%.

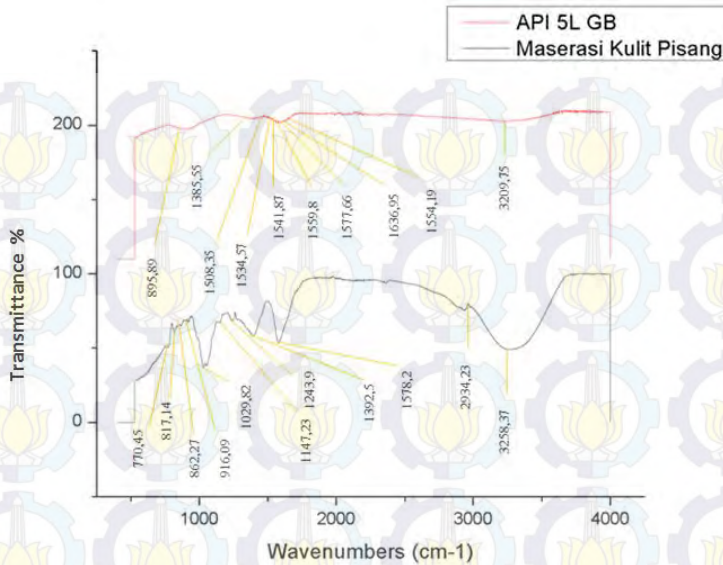
Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode infudasi memiliki kandungan tanin yang paling tinggi pada ekstrak kulit pisang candi. Adanya pengaruh pemanasan sebesar 55-60°C selama 2 jam dalam proses ekstraksi metode infudasi mempengaruhi pengikatan tanin dari kulit pisang candi. Menurut pendapat Browning (1980) semua jenis tanin dapat terlarut, kelarutan akan bertambah apabila dilarutkan dengan pelarut yang panas. Menurut penelitian A. Rasyidi F (2012) dalam proses ekstraksi daun jambu biji semakin lama waktu dan semakin tinggi temperatur ekstraksi semakin banyak tanin yang dihasilkan, namun ada batas pada variabel waktu dan temperatur. Waktu terbaik adalah 150 menit dengan temperatur 50-60°C.

4.4 Hasil Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Pengujian FTIR ini menggunakan metode absorbsi. Sampel uji akan menyerap radiasi *infrared*, perbedaan penyerapan akan menunjukkan senyawa organik dan inorganik yang terdapat pada sampel uji tersebut.

4.4.1 Hasil Pengujian FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi

Dari pengujian FTIR ini, diperoleh grafik yang menunjukkan beberapa *peak* yang mengidentifikasi senyawa yang terkandung pada ekstrak kulit pisang candi dan senyawa yang terkandung pada permukaan baja API 5L grade B yang telah direndam selama 7 hari dengan penambahan inhibitor metode maserasi sebanyak 500 ppm. Hasil ini ditunjukkan pada gambar 4. 3 berikut.



Gambar 4.3 Perbandingan Spektra Ekstrak Kulit Pisang Candi Metode Maserasi Dan Baja API 5L Grade B Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi

Dari gambar diatas diketahui terdapat *peak* yang mengidentifikasi kandungan senyawa yang terdapat pada ekstrak kulit pisang candi metode maserasi dan pada baja API 5L grade B dimana beberapa *peak* tersebut memiliki range gelombang yang sama. Hasil ini ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.



Tabel 4.4 Perbandingan Hasil FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi

No	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)		Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Tipe
	Ekstrak	Baja API 5L grade B			
1	3258,37	3209,75	3300-2500	O-H	<i>Phenolic</i>
2	2934,23		2940-2915	C-H	<i>Alkanes</i>
3		1554,19	1680-1650	N=O	<i>Nitrites (R-O-N=O) trans form</i>
4		1636,95	1655-1635	C=O	<i>Enolic 13-keto esters. chelated</i>
5	1578,21	1577,66	1590-1575	C=C	<i>Aromatic homocyclic compounds</i>
6		1559,8	1580-1550	C=N	<i>Pyridines</i>
7		1541,87	1585-1530	NO ₂	<i>Saturated nitramines</i>
8		1534,57	1585-1530	NO ₂	<i>Saturated nitramines</i>
9		1508,35	1550-1500	N=O	<i>Nitroso compounds (R-C-N=O) alkyl, aromatic</i>
10	1392,5	1385,55	1395-1365	C-H	<i>Alkanes</i>



No	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)		Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Tipe
	Ekstrak	Baja API 5L grade B			
11	1243,9		1260-1240	C-O	<i>Ethers and epoxides</i>
12	1147,23		1175-1140	C-H	<i>Alkanes</i>
13	1029,82		1250-1020	C= S	<i>Thioketone Sulfur compounds</i>
14	916,09		920-800	C I C-C-O I C	<i>Ethers and epoxide (t-butyl)</i>
15		895,89	895-885	C-H	<i>Geminal disubstituted alkene</i>
16	862,27		865-785	C-O.	<i>Ethers and epoxides</i>
17	817,14		825-775	Ring C-H	<i>Purines</i>
18	770,45		770-735	C-H	<i>Benzene ring with four adjacent free H atoms</i>

Dari tabel diatas diketahui ekstrak kulit pisang candi metode maserasi memiliki Gugus fungsi O-H *phenolic*, C-H *alkanes*, Benzene ring dan *Purines*, C=C *aromatic homocyclic compounds* , C-O *Ethers and epoxides*, N=O *Nitrites*, C=N



Pyridines, NO_2 *Saturated nitramines*, $\text{N}=\text{O}$ *Nitroso compounds* dan $\text{C}=\text{S}$ *Thioketone Sulfur compounds* yang merupakan gugus-gugus penyusun senyawa antioksidan.

Sedangkan pada specimen baja API 5L grade B ini mengandung gugus gugus fungsi *O-H phenolic*, *C-H alkanes*, *C=C aromatic homocyclic compounds* dan *C=O stretching vibrations eters* yang mengalami pergeseran pita serapan dikarekan inhibitor telah bereaksi dengan lingkungan elektrolitnya

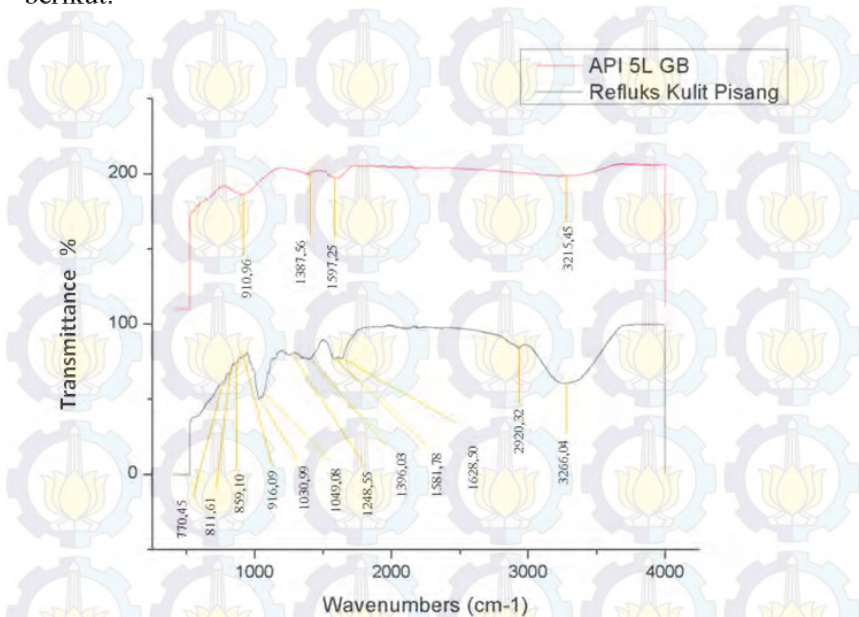
Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa bentuk topografi dari spesimen hasil perendaman dengan media elektrolit NaCl 3,5% dengan penambahan inhibitor kulit pisang candi hampir memiliki kesamaan bentuk dengan spektra FTIR dari inhibitor kulit pisang candi. Seperti dapat dilihat pada range $3300\text{-}2500\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* $3258,37\text{ cm}^{-1}$ dan dispesimen pada *peak* $3209,75\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi *O - H phenolic* , pada range $1590\text{-}1575\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* $1578,21\text{ cm}^{-1}$ dan dispesimen pada *peak* $1577,66\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi *C = C aromatic homocyclic compounds*, pada range $1395\text{-}1365\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* $1392,5\text{ cm}^{-1}$ dan dispesimen pada *peak* $1385,55\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi *C - H alkanes*. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa senyawa antioksidan yang berasal dari inhibitor kulit pisang candi metode maserasi yang teradsorpsi pada spesimen baja API 5L grade B membentuk lapisan film yang memproteksi baja.

4.4.2 Hasil Pengujian FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux

Dari pengujian FTIR ini, diperoleh grafik yang menunjukkan beberapa *peak* yang mengidentifikasikan senyawa yang terkandung pada ekstrak kulit pisang candi dan senyawa yang terkandung pada permukaan baja API 5L yang telah direndam selama 7 hari dengan penambahan inhibitor metode



reflux sebanyak 500 ppm. Hasil ini ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Perbandingan Spektra Ekstrak Kulit Pisang Candi Metode Reflux Dan Baja API 5L Grade B Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux

Dari gambar diatas diketahui terdapat *peak* yang mengidentifikasi kandungan senyawa yang terdapat pada ekstrak kulit pisang candi metode reflux dan pada baja API 5L grade B dimana beberapa *peak* tersebut memiliki range gelombang yang sama. Hasil ini ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut.



Tabel 4.5 Perbandingan Hasil FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Reflux

No	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)		Daerah Wavelength (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Tipe
	Ekstrak	Baja API 5L grade B			
1	3266,04	3215,45	3550-3200	C=O	<i>Ketones</i>
2	2920,32		2940-2915	C-H	<i>Alkanes</i>
3	1628,50		1650-1580	C=C	<i>Pyridines</i>
4	1581,78	1597,25	1650-1580	C=C	<i>Pyridines</i>
5	1396,03	1387,56	1410-1310	O-H	<i>Phenolic</i>
6	1248,55		1260-1240	C-O	<i>Epoxides and Eters</i>
7	1049,08		1075-1000	C-O-H	<i>Primary C-O-H Alcohols and phenols</i>
8	1030,99		1070-1030	S=O	<i>Sulfoxides</i>
9	916,09	910,96	920-800	C I C-C-O I C	<i>Ethers and epoxides (t-butyl)</i>



No	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)		Daerah Wavelength (cm-1)	Gugus Fungsi	Tipe
	Ekstrak	Baja API 5L grade B			
10	859,10		870-800	C-H	<i>Benzene ring containing two adjacent H atoms</i>
11	811,61		870-800	C-H	<i>Benzene ring containing two adjacent H atoms</i>
12	770,45		770-735	C-H	<i>Benzene ring with four adjacent free H atoms</i>

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan ekstrak kulit pisang candi metode reflux memiliki Gugus fungsi, O-H *phenolic*, C-O-H *Primary Alcohols and phenols*, C=O *Ketones*, C-H *alkanes*, *Benzene ring*, C=C *Pyridines*, C-O *Ethers and epoxides* dan S=O *Sulfoxides* yang merupakan gugus-gugus penyusun senyawa antioksidan.

Sedangkan pada spesimen baja API 5L grade B ini mengandung gugus fungsi C=O *Ketones*, C=C *Pyridines*, O-H *Phenolic* dan C-O *Ethers and epoxides* yang juga terdapat dalam inhibitor kulit pisang candi metode reflux.

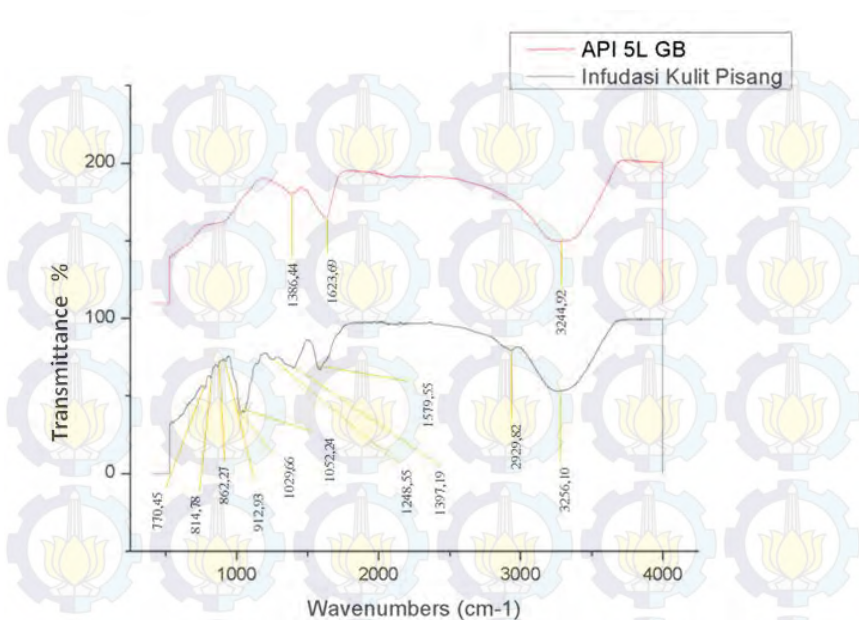
Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa bentuk topografi dari spesimen hasil perendaman dengan media elektrolit NaCl 3,5%



dengan penambahan konsentrasi inhibitor kulit pisang candi hampir memiliki kesamaan bentuk dengan spektra FTIR dari inhibitor kulit pisang candi. Seperti pada range $3550-3200\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* $3266,04\text{ cm}^{-1}$ dan dispesimen pada *peak* $3215,45\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ *Ketones*, pada range $1650-1580\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* $1581,78\text{ cm}^{-1}$ dan dispesimen pada *peak* $1597,25\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ *Pyridines*, pada range $1410-1310\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* $1396,03\text{ cm}^{-1}$ dan dispesimen pada *peak* $1387,56\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi $\text{O}-\text{H}$ *Phenolic*. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa-senyawa antioksidan yang berasal dari inhibitor kulit pisang candi metode reflux yang teradsorpsi pada spesimen baja API 5L grade B membentuk lapisan film yang memproteksi baja

4.4.3 Hasil Pengujian FTIR Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi

Dari pengujian FTIR ini, diperoleh grafik yang menunjukkan beberapa *peak* yang mengidentifikasi senyawa yang terkandung pada ekstrak kulit pisang candi dan senyawa yang terkandung pada permukaan baja API 5L grade B yang telah direndam selama 7 hari dengan penambahan inhibitor metode infudasi sebanyak 500 ppm. Hasil ini ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Perbandingan Spektra Ekstrak Kulit Pisang Candi Metode Infudasi Dan Baja API 5L Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi

Dari gambar diatas diketahui terdapat *peak* yang mengidentifikasi kandungan senyawa yang terdapat pada ekstrak kulit pisang candi metode reflux dan pada baja API 5L grade B dimana beberapa *peak* tersebut memiliki range gelombang yang sama. Hasil ini ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut



**Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil FTIR Inhibitor Kulit Pisang
Candi Metode Infudasi**

No	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)		Daerah Wavelength (cm-1)	Gugus Fungsi	Tipe
	Ekstrak	Baja API 5L grade B			
1	3256,10	3244,92	3400-3230	O-H	<i>Phenolic</i>
2	2929,82		2940-2915	C-H	<i>Alkanes</i>
3	1579,55	1623,69	1625-1575	C=C	<i>Aromatic homocyclic compo</i>
4	1397,19	1386,44	1410-1310	O-H	<i>Phenolic</i>
5	1248,55		1260-1240	C-O	<i>Epoxides</i>
6	1052,24		1075-1010	C-OH	<i>Phenolic (Primary alcohols)</i>
7	1029,66		1075-1010	C-OH	<i>Phenolic (Primary alcohols)</i>
8	912,93		920-800	C I C-C-O I C	<i>Ethers and epoxides (t-butyl)</i>
9	862,27		865-785	C-O.	<i>Ethers and epoxides</i>
10	814,78		870-800	C-H	<i>Benzene ring containing two</i>



No	Daerah Wavelength (cm ⁻¹)		Daerah Wavelength (cm-1)	Gugus Fungsi	Tipe
	Ekstrak	Baja API 5L grade B			
					<i>adjacent H atoms</i>
11	770,45		770-735	C-H	<i>Benzene ring with four adjacent free H atoms</i>

Berdasarkan tabel diatas ekstrak kulit pisang candi metode infudasi seluruhnya disusun oleh gugus fungsi grub hidroksil, yang mana merupakan gugus penyusun antioksidan senyawa tanin diataranya adalah Gugus fungsi O-H *phenolic* C-O-H *Primary Alcohols and phenols*, C-H *alkanes* dan *Benzene ring*, C = C *aromatic homocyclic compounds* , C-O *Ethers and epoxides* dimana gugus-gugus ini merupakan gugus penyusun senyawa tanin yang berperan dalam pengendalian korosi

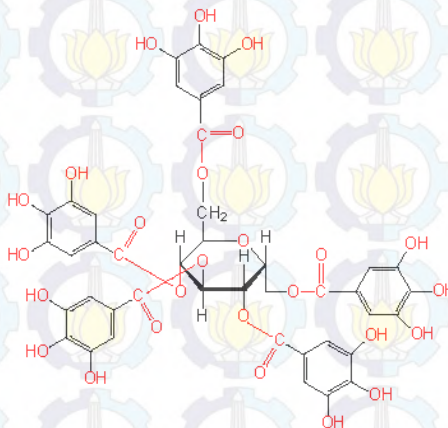
Sedangkan pada spesimen baja API 5L grade B ini mengandung gugus fungsi, O-H *Phenolic* dan C=C *Aromatic homocyclic compo* yang juga terdapat dalam inhibitor kulit pisang candi metode infudasi. Dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut perbandingan kandungan senyawa dalam inhibitor metode infudasi dengan kandungan senyawa yang terdapat pada spesimen perendaman.

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa bentuk topografi dari spesimen hasil perendaman dengan media elektrolit NaCl 3,5% dengan penambahan konsentrasi inhibitor kulit pisang candi hampir memiliki kesamaan bentuk dengan spektra FTIR dari inhibitor kulit pisang candi. Seperti pada range 3400-3230 cm⁻¹ terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak*



3256,10 cm^{-1} dan dispesimen pada *peak* 3244,92 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi O-H *Phenolic*, pada range 1625-1575 cm^{-1} terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* 1579,55 cm^{-1} dan dispesimen pada *peak* 1623,69 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi C=C *Aromatic homocyclic compnds*, pada range 1410-1310 cm^{-1} terdapat pita serasapan yang sama yaitu diekstrak pada *peak* 1397,19 cm^{-1} dan dispesimen pada *peak* 1386,44 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi O-H *Phenolic*. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa-senyawa antioksidan yang berasal dari inhibitor kulit pisang candi metode infudasi yang teradsorpsi pada spesimen baja API 5L grade B membentuk lapisan film yang memproteksi baja.

Dari hasil yang telah dipaparkan diatas dapat dipastikan bahwa kulit pisang mengandung senyawa tanin. Dapat dilihat gugus fungsi penyusun senyawa tanin terdapat pada hasil uji FTIR kulit pisang candi. Gugus fungsi tanin dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut



Gambar 4.6 Gugus Fungsi Tanin

Tanin disusun oleh gugus fungsi polifenol yang mengandung gugus hidroksi dan gugus karboksil yang bersifat



mengendapkan protein, alkaloid dan polisakarida tertentu serta tanin memiliki sifat Astringent dimana senyawa ini akan melapisi permukaan material sehingga terhindar dari korosi.

Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh dari pengujian FTIR kulit pisang candi bahwa secara garis besar ekstrak kulit pisang mengandung Gugus fungsi O-H *phenolic*, C-O-H *Primary Alcohols and phenols*, C-H *alkanes*, Benzene ring dan *Purines*, C=C *aromatic homocyclic compounds* dan *Pyridines*, C-O *Ethers and epoxides*, C=O *Ketones*, N=O *Nitrites*, C=N *Pyridines*, NO₂ *Saturated nitramines*, N=O *Nitroso compounds*, C=S *Thioketone Sulfur compounds*, S=O *Sulfoxides*

Serapan gugus fungsi O-H *phenolic* dan C-O-H *Primary Alcohols and phenols* di pengaruhi oleh penggunaan aseton dan aquades sebagai pelarut. Pelarut aseton dan aquades ini bersifat sangat polar sehingga mempengaruhi adanya serapan-serapan O-H. Gugus fungsi O-H termasuk dalam gugus hidroksil yang kaya akan pasangan elektron bebas sehingga dapat menyumbangkan elektron bebas untuk membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan logam besi. Menurut Harborne (1987) komponen organik dapat berfungsi sebagai agen pengkhelat logam karena adanya satu gugus karboksil dan dua gugus hidroksil yang berdekatan bereaksi dengan ion logam membentuk suatu kompleks yang stabil. Potensi tersebut ditunjukkan oleh posisi gugus hidroksilnya yang mampu menangkap radikal bebas dengan cara mengkhelat Fe sekaligus menstabilkan Fe. Oleh karena itu, diduga gugus fungsi yang berperan dalam interaksi antara molekul-molekul tanin dengan permukaan baja karbon adalah gugus hidroksilnya. Hal ini disebabkan karena molekul tanin mengandung gugus hidroksil (O-H) yang kaya akan pasangan electron bebas sehingga tanin dapat menyumbangkan electron bebas untuk menstabilkan radikal bebas.

Serapan C-O *Ethers and epoxides*, termasuk dalam gugus fungsi karboksil, sedangkan C=O *Ketones* termasuk dalam gugus karbonil. Menurut penelitian Meri Suhartini (2012) adanya gugus C=O pada pengujian FTIR kulit pisang diperoleh dari



aldehid unit glukosa yang mengalami pemutusan ikatan pada polisakarida kulit pisang.

Serapan gugus fungsi C-H *alkanes*, *Benzene ring* dan *Purines* merupakan senyawa yang bersifat hidrofobik yaitu menolak air sehingga senyawa ini bereaksi dengan permukaan baja. Gugus fungsi C=C *aromatic homocyclic compounds* dan *Pyridines* merupakan gugus penyusun senyawa flavonoid. Menurut penelitian Sri Atun (2007), karakteristik antioksidan dengan pengujian FTIR pada kulit pisang kepok menunjukkan adanya gugus hidroksil (3450 cm^{-1}), C=C aromatik ($1587 - 1514\text{ cm}^{-1}$), dan benzena tersubstitusi ($819,7\text{ cm}^{-1}$). Pola spektrum IR tersebut mengindikasikan senyawa golongan flavanoid.

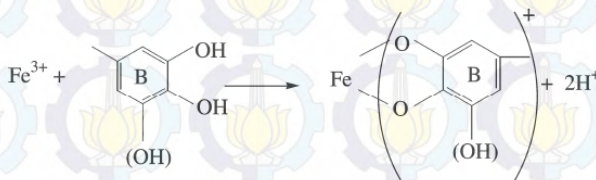
Serapan gugus fungsi N=O *Nitrites*, C=N *Pyridines*, NO₂ *Saturated nitramines*, N=O *Nitroso compound* diperoleh karena adanya kandungan protein atau amina dalam kulit pisang candi. Senyawa-senyawa ini termasuk dalam gugus alkaloid. Menurut penelitian Meri Suhartini (2012) adanya gugus C-N pada pengujian FTIR kulit pisang diperkirakan berasal dari protein kulit pisang. Menurut penelitian Adia (2010) tiga gugus fungsi yang dapat berperan sebagai inhibitor korosi yaitu amina, imidazol, dan hidroksil alkohol. Menurut Papavinasam (2003), apabila inhibitor berisi nitrogen ini dalam konsentrasi yang rendah, maka inhibitor kulit pisang candi akan sedikit teradsorpsi pada permukaan logam. Namun bila ditambahkan dengan konsentrasi yang tinggi, maka akan terjadi pengendapan kompleks inhibitor pada permukaan logam. Pembentukan kompleks ini adalah proses yang sangat lambat dan sebagai hasilnya efisiensi inhibitor meningkat dengan bertambahnya rentang waktu. Hal ini sesuai dengan hasil dari pengujian *weigh loss* yang menunjukkan trend positif efisiensi inhibisi pada masa perendapan >336 jam.

Serapan C=S *Thioketone Sulfur compounds*, S=O *Sulfoxides* berasal dari kandungan protein dari kulit pisang.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kulit pisang candi mengandung senyawa tanin. Senyawa ini teradsorpsi ke permukaan



baja API 5L grade B dan membentuk lapisan yang memproteksi baja dari korosi. Reaksi antara Fe dan tanin ini membentuk *ferric-tannate* yang ditunjukkan adanya lapisan biru kehitaman pada permukaan baja setelah mengalami perendaman. Reaksi pembentukan *ferric-tannate* ini ditunjukkan pada gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Pembentukan *ferric-tannate*

Menurut penelitian Afidah dkk (2000) Pembentukan lapisan *ferric-tannate* dibuktikan dengan lapisan berwarna biru kehitaman.

4.5 Hasil Pengujian *Weight Loss*

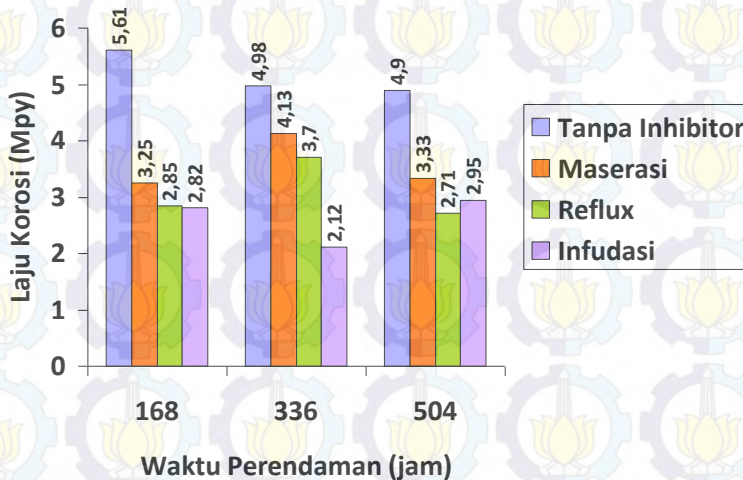
Pengujian *weight loss* ini mengacu pada ASTM G31-72. Pada pengujian ini menggunakan material baja API 5L grade B lingkungan NaCl 3,5% serta inhibitor kulit pisang candi dengan beberapa metode pengekstrakan berupa metode maserasi, reflux dan infudasi.

Pengujian dilakukan dengan melakukan perendaman spesimen pada media elektrolit NaCl 3,5% tanpa inhibitor serta pada media elektrolit NaCl 3,5% dengan inhibitor kulit pisang cadi sebanyak 500 ppm. Perendaman dilakukan dengan variasi interval waktu tertentu untuk mengetahui waktu terbaik inhibitor dapat berfungsi secara maksimal. Interval waktu yang digunakan adalah 168 jam, 336 jam dan 504 jam. Masing-masing sistem



terdiri dari tiga buah spesimen yang dimasukkan kedalam media elektrolit yang diwadahi tabung plastik bening untuk mengurangi adanya *error* pada sistem, sehingga didapatkan hasil yang benar benar sesuai dengan yang diharapkan . Pada pengujian *weight loss* didapatkan data berupa selisih berat pada material.

Dari pengujian *weight loss* ini akan didapatkan laju korosi dan efisiensi inhibitor kulit pisang candi yang telah ditambahkan kedalam larutan elektrolit. Dari pengujian *weight loss* ini didapatkan data laju korosi yang ditunjukkan pada gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara penambahan inhibitor dengan laju korosi

Penambahan inhibitor ekstrak kulit pisang candi dengan beberapa metode menghasilkan kurva yang fluktuatif, dapat dilihat pada gambar 4.8 bahwa terjadi penurunan dan kenaikan laju korosi dengan interval waktu tertentu.

Pada perendaman spesimen dalam elektrolit tanpa inhibitor memperlihatkan laju korosi yang tinggi pada awal



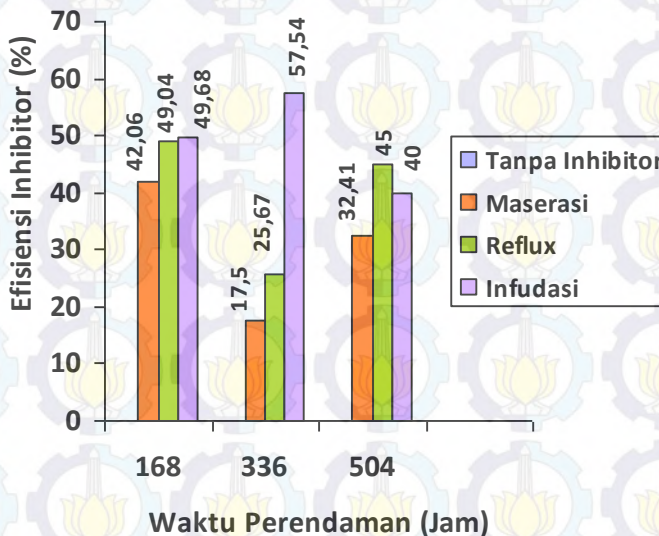
pencelupan dan pada interval waktu 168-336 jam pencelupan mengalami penurunan trend laju korosi serta pada interval waktu 336-504 jam trend laju korosinya konstan pada 4,9 Mpy. Untuk perendaman spesimen dengan penambahan inhibitor dengan metode ekstraksi maserasi dan reflux memperlihatkan laju korosi yang rendah pada awal perendaman yaitu 3,2 Mpy untuk metode maserasi dan 2,8 Mpy untuk metode reflux. Kemudian pada interval waktu 168-336 jam mengalami kenaikan dengan adanya trend laju korosi yang lebih positif namun besarnya masih dibawah trend laju korosi tanpa penambahan inhibitor yaitu 4,1 Mpy untuk metode maserasi dan 3,7 Mpy untuk metode reflux, serta pada interval waktu 336-504 jam kedua metode tersebut mengalami penurunan trend laju korosi yang lebih negatif yaitu 3,3 Mpy untuk metode maserasi dan 2,7 Mpy untuk metode reflux. Hal ini terjadi karena inhibitor dengan metode pengestrakan maserasi dan reflux mengalami reaksi dengan lingkungannya dan membutuhkan waktu untuk melakukan proses proteksi. Sedangkan pada perendaman spesimen dengan penambahan inhibitor dengan metode infudasi pada gambar kurva 4. memperlihatkan perilaku yang berbeda dibanding kedua metode ekstraksi lainnya. Pada awal perendaman memperlihatkan laju korosi yang rendah yaitu 2,8 Mpy, kemudian pada interval waktu 168-336 jam mengalami penurunan trend laju korosi yang lebih negatif yaitu 2,1 Mpy dan pada interval waktu 336-504 jam mengalami kenaikan trend laju korosi yang lebih positif yaitu 2,9 Mpy mendekati nilai laju korosi metode reflux dan dibawah nilai laju korosi metode maserasi. Hal ini terjadi karena pada inhibitor dengan metode ekstraksi infudasi tidak memerlukan waktu yang panjang untuk melakukan proses proteksi. Sehingga mampu memproteksi baja lebih baik dari awal perendaman hingga akhir perendaman.

Dapat disimpulkan bahwa laju korosi tertinggi terdapat pada lingkungan elektrolit NaCl 3,5% tanpa Inhibitor dengan interval waktu perendaman 168 jam yaitu sebesar 5,61 Mpy, sedangkan laju korosi terendah terdapat pada penambahan



inhibitor kulit pisang candi dengan metode pengestrakan infudasi dengan interval waktu perendaman 336 jam yaitu sebesar 2,12 Mpy.

Dari laju korosi ini didapatkan efisiensi inhibitor dari kulit pisang candi dengan masing-masing metode ekstrak yang ditunjukkan pada gambar 4.9 berupa grafik hubungan antara efisiensi inhibitor kulit pisang candi dengan variasi metode pengestrakan yang ditambahkan dalam sistem.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara efisiensi inhibitor kulit pisang candi dengan variasi metode pengestrakan

Dari gambar 4.9 diatas dapat terlihat bahwa metode maserasi memiliki evisiensi inhibitor terbaik pada saat interval waktu pencelupan 168 jam sebesar 42,06 %, untuk metode reflux evisiensi inhibitor terbaik pada saat interval waktu pencelupan 168 jam sebesar 49,04 % dan metode infudasi evisiensi inhibitor terbaik pada saat interval waktu pencelupan 336 jam sebesar



57,45 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inhibitor kulit pisang candi yang memiliki efisiensi tertinggi adalah inhibitor dengan metode ekstraksi infudasi dengan interval waktu perendaman 336 jam yaitu sebesar 57,45 %.

4.5.1 Perhitungan Adsorpsi Isothermal

Perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir ini digunakan untuk menjelaskan sifat adsorpsi pada kesetimbangan. Sifat adsorpsi dari masing-masing inhibitor diuji dengan menggunakan persamaan Langmuir untuk menentukan fenomena adsorpsi apakah yang terdapat pada permukaan baja, baik secara *physisorption* maupun *chemisorption*.

Efisiensi inhibitor diperoleh dari pengujian *weight loos* yang dihitung menggunakan persamaan (2.2), maka dapat diketahui derajat *surface coverage* dari masing-masing metode ekstraksi inhibitor kulit pisang candi ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut

Tabel 4.7 Derajat *surface coverage* pada sampel uji dengan penambahan inhibitor kulit pisang candi hasil berbagai metode ekstraksi

Metode Ekstraksi Inhibitor	Efisiensi Inhibisi (%)	Derajat Surface Coverage (θ)
MASERASI	42,06	0,4206
REFLUX	49,04	0,4904
INFUDASI	57,45	0,5745

Tabel 4.7 Menunjukkan bahwa semakin tinggi efisiensi inhibisi inhibitor kulit pisang candi maka semakin besar pula derajat *surface coverage* sampel uji baja API 5L Grade B. Masing-masing inhibitor hasil berbagai metode memberikan efisiensi yang berbeda karena kandungan yang terdapat dalam masing-masing inhibitor juga berbeda. Derajat *surface coverage* terendah adalah 0,4206 dari metode maserasi, sedangkan derajat *surface coverage* tertinggi adalah 0,5745 dari metode infudasi.



Setelah nilai derajat *surface coverage* diketahui maka kita dapat menghitung nilai k dan nilai ΔG_{ads}^0 menggunakan teori Langmuir dengan menggunakan persamaan (2.4) dan (2.5) untuk masing-masing penambahan inhibitor dan menentukan fenomena adsorbsinya.

Menurut Taleb Ibrahim (2011), nilai energi bebas adsorpsi yang kurang dari -20 kJ/mol mengindikasikan terjadinya adsorpsi fisik pada permukaan logam. Sedangkan apabila nilainya lebih dari -40 kJ/mol, proses adsorpsinya melibatkan transfer atau sharing dari molekul inhibitor kepada permukaan logam untuk membentuk ikatan koordinat. Artinya proses adsorpsi yang terjadi berjalan secara kimiawi. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

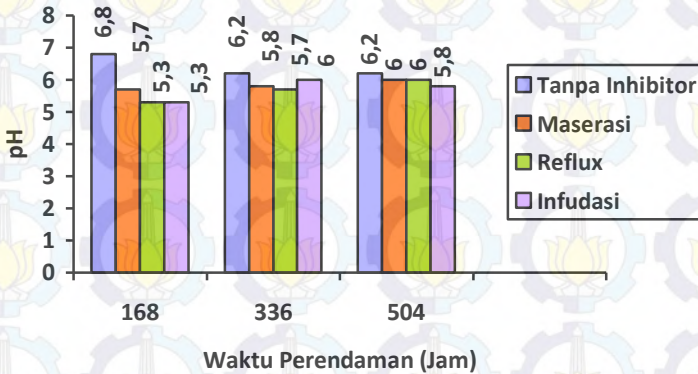
Tabel 4.8 Nilai Energi Bebas Adsorpsi Akibat Penambahan Ekstrak kulit pisang candi pada media elektrolit NaCl 3,5%

Metode Ekstraksi Inhibitor	Surface Coverage (θ)	K_{ads}	Energi Bebas Adsorpsi (kJ/mol K)	Kriteria Tipe Adsorpsi
Maserasi	0,4206	0,0014518	-6,23	Fisisorpsi
Refluks	0,4904	0,0019246	-5,37	Fisisorpsi
Infudasi	0,5745	0,0027003	-4,70	Fisisorpsi

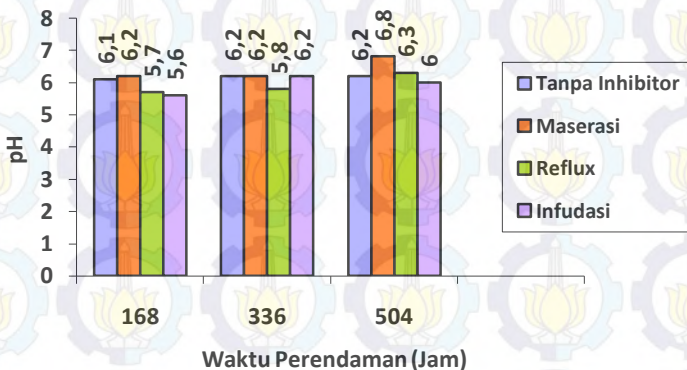
Dari tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa adsorpsi yang terjadi pada permukaan baja API 5L grade B dengan penambahan inhibitor daun asam jawa dan inhbitor kulit pisang candi adalah adsorpsi fisisorpsi atau secara fisik. Hal ini dikarenakan menurut teori adsorpsi isothermal, jika nilai ΔG_{ads}^0 yang didapatkan bernilai kurang dari -20 kJ/mol atau lebih positif maka termasuk dalam fisisorpsi. Sedangkan tanda negative pada nilai energy bebas adsorpsi mengindikasikan bahwa reaksi terjadi secara spontan. Pada gambar 4.10 dan 4.11 berikut menunjukkan



pengaruh trend pH yang berkaitan dengan metode ekstraksi kulit pisang candi saat sebelum perendaman dan saat sesudah perendaman dilakukan.



Gambar 4. 10 Grafik pH Sebelum Perendaman



Gambar 4.11 Grafik pH Sesudah Perendaman

Pada gambar 4.10 dan 4.11 Terlihat bahwa ph pada perendaman tanpa inhibitor mengalami penurunan ph saat



sebelum dan sesudah perendaman pada semua interval waktu. Pada perendaman dengan penambahan inhibitor pada semua metode menunjukkan kenaikan ph saat sebelum dan sesudah perendaman pada semua interval waktu.

Pada perendaman sistem tanpa penambahan inhibitor mengakibatkan menurunnya ph saat sebelum dan sesudah perendaman, yang mengakibatkan sistem bersifat makin asam sehingga kandungan hidrogennya pun meningkat. Hal ini menyebabkan meningkatnya reaksi reduksi sehingga proses korosi mudah terjadi.

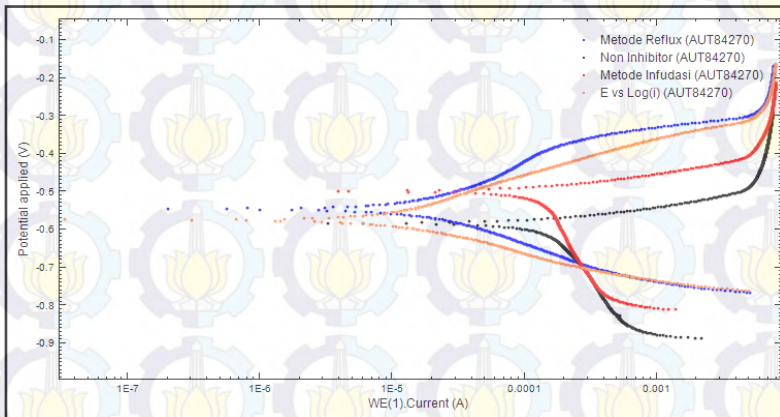
Menurut penelitian Andhi.G (2011) penambahan ekstrak umbi ungu pada lingkungan NaCl 3,5 % mengakibatkan adanya mekanisme pengikatan oksigen. Mekanisme ini ditandai dengan semakin tinggi konsentrasi ekstrak umbi ungu yang ditambahkan pada sistem maka nilai ph larutan saat sebelum dan sesudah perendaman cenderung mengalami peningkatan. Mekanisme ini terjadi karena dengan penambahan inhibitor maka ion OH^- yang terbentuk akan semakin kecil akibat menurunnya kadar oksigen yang mengakibatkan gangguan pada reaksi reduksi. Hal ini juga mengakibatkan gangguan pada reaksi oksidasi karena reaksi oksidasi-reduksi yang terjadi pada proses korosi merupakan reaksi spontan dan setimbang. Reaksi oksidasi yang terjadi di anoda diakibatkan oleh reaksi reduksi oksigen dimana reaksi reduksi inilah yang berperan dalam proses korosi.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kenaikan ph pada sistem dengan penambahan inhibitor mengakibatkan gangguan pada reaksi reduksi yang juga berdampak pada reaksi oksidasi, dimana reaksi reduksi berperan dalam proses terjadinya korosi, oleh karena itu proses terjadinya korosi dapat terhambat dengan semakin kecilnya kadar OH^- dalam sistem dan menjadi bersifat basa .



4.6 Hasil pengujian Polarisasi Potensiodinamik

Pengujian Polarisasi Potensiodinamik ini dilakukan pada sampel baja API 5L grade B perendaman pada elektrolit NaCl 3,5% dengan tanpa penambahan inhibitor dan penambahan inhibitor dengan berbagai metode ekstraksi. Hasil pengujian ini diperoleh kurva potensial tafel yang disajikan dalam kurva E (potensial) berbanding dengan log (i) pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Perbandingan Kurva Tafel Antara Tanpa Penambahan Inhibitor dan Penambahan Inhibitor Dengan Berbagai Metode Ekstraksi

Dari hasil penginterpolasian tersebut didapatkan hasil analisa tafel seperti nilai i_{corr} yang diperoleh menggunakan persamaan (2.6), nilai konstannta Stern-Geary diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.7), nilai *Corrosion Rate* diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.8) dan nilai *Mass loss rate* dengan persamaan (2.9). Hasil perhitungan data tafel ini dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.



Tabel 4.9 Hasil perhitungan dari kurva polarisasi di lingkungan NaCl 3,5%

Metode Ekstraksi	b_a ($\frac{mV}{dec}$)	b_c ($\frac{mV}{dec}$)	I_{corr} ($\frac{\mu A}{cm^2}$)	MR ($\frac{g}{m^2d}$)	B (V)
Non	169.09	76.754	109.86	27.469	0.0229
Maserasi	113.65	194.78	16.618	4.1551	0.0311
Reflux	205.75	512.87	9.1046	2.2765	0.0637
Infudasi	1.4307	47.797	30.090	7.5237	0.0006
Metode Ekstraksi	CR		E_{corr} (mV)	EI (%)	
	(mppy)	(mpy)			
Non	1.2766	50.336	-593.3	0	
Maserasi	0.1931	7.6140	-577.4	84.87	
Reflux	0.1058	4.1715	-541.4	91.71	
Infudasi	0.3496	13.786	-487.7	72.61	

Dari tabel 4.9 menunjukkan bahwa penambahan inhibitor kulit pisang candi mampu menurunkan laju korosi pada baja API 5L grad B, hal ini dapat dilihat pada nilai Corrosion Rate yang dihasilkan sampel tanpa penambahan inhibitor memiliki nilai yang lebih besar dibanding sampel yang menggunakan penambahan inhibitor. Hasil yang didapatkan sesuai dengan hasil dari pengujian *Weight Loss* bahwa inhibitor kulit pisang candi mampu melakukan proteksi pada baja.

Melihat hasil Efisiensi Inhibitor (EI) pada tabel 4.17 Menunjukkan bahwa inhibitor kulit pisang candi metode maserasi, reflux dan infudasi memberikan performa yang baik dalam melindungi baja yaitu sebesar 84,87 % untuk maserasi, 91,71 untuk reflux dan 72,61% untuk infudasi. Hasil ini



menunjukkan bahwa metode maserasi, reflux dan infudasi mampu berkerja baik dalam sistem sesaat setelah penambahan inhibitor.

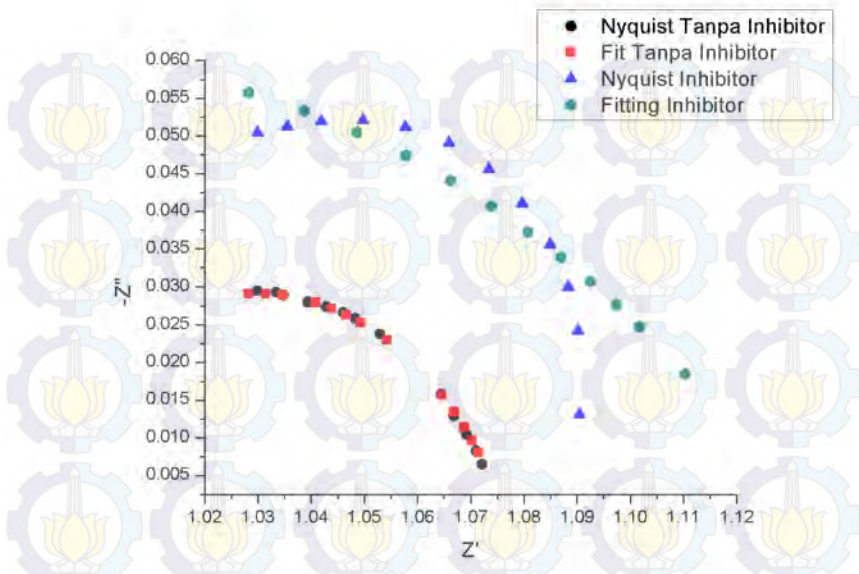
Menurut penelitian Rahadian.A (2013) hasil pengujian Polarisasi Potensiodinamik pada sampel baja API 5L grade B dengan penambahan inhibitor ekstrak kulit pisang dengan konsentrasi 500 ml/L menghasilkan Efisiensi Inhibitor (EI) sebesar 93,01 %. Hasil ini sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan dimana salah satu metode ekstraksi kulit pisang candi memiliki nilai EI pada *range* 90%

Mekanisme kerja inhibitor dapat dianalisis dengan melihat perubahan b_a , b_c dan E_{corr} . Penambahan inhibitor kulit pisang candi dengan berbagai metode membuat nilai E_{corr} menjadi lebih positif dengan selisih sebesar 15,9 mV untuk maserasi, 51,9 mV dan 105,6 mV.

Berdasarkan kurva tafel pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa proteksi inhibitor bekerja secara anodik dan katodik dimana hal ini disebabkan karena inhibitor reaktif terhadap logam dan lingkungannya sehingga menggeser kurva ke arah lebih positif dan negatif.

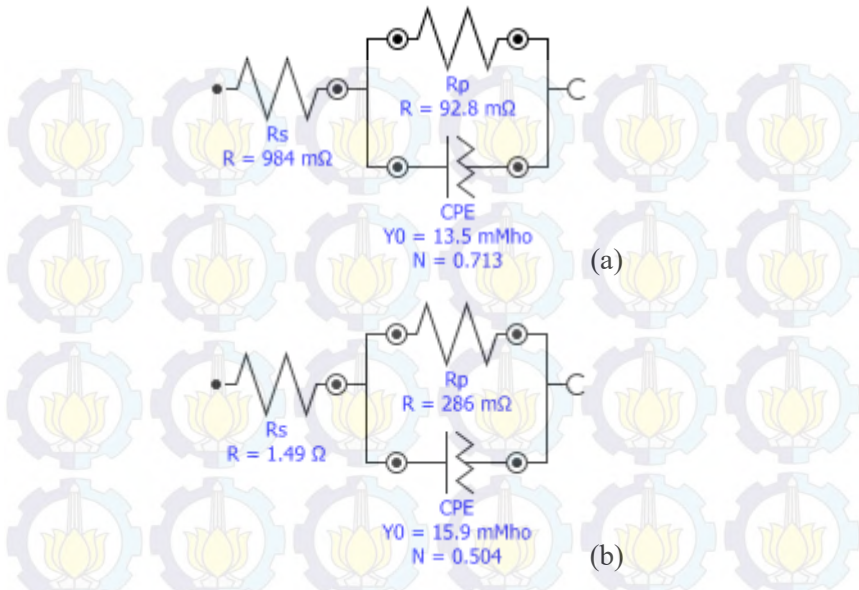
4.7 Hasil Pengujian EIS

Pengujian EIS ini dilakukan pada hasil pengujian *weight loss* dengan inhibitor metode ekstrasi infudasi dimana metode tersebut merupakan metode saat efisiensi inhibisi terbaik. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan spesimen baja api 5L grade B non inhibitor. Berikut adalah analisa hasil uji EIS pada penambahan inhibitor kulit pisang candi dan tanpa penambahan inhibitor.dengan menggunakan analisa kurva nyquist dan kurva *fit and simulation*. Hasil kurva analisa dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.13 Kurva Nyquist Dan Kurva *Fit And Simulation* Untuk Sistem Dengan Penambahan Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi Dan Sistem Tanpa Inhibitor

Dari kurva diatas didapatkan *equivalent circuit* pada gambar 4.14 yang akan menunjukkan bagaimana terjadinya korosi pada baja API 5L, apakah akibat kinetika transfer muatan atau tidak. Berikut ini gambar *equivalent circuit* yang terbentuk. Dari analisa *equivalent circuit*, terjadinya korosi pada baja disebabkan karena adanya transfer elektron ditunjukkan oleh adanya nilai R_p



Gambar 4.14 Model Rangkaian Sirkuit Ekuivalen untuk Sampel di lingkungan NaCl 3,5% (a) Non Inhibitor, (b) Inhibitor Kulit Pisang Candi

Dalam Sirkuit Ekuivalen diperoleh elemen-elemen yang mewakili data seperti pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Parameter *Elektrokimia dari Fit and Simulation*

Parameter	Non Inhibitor	Inhibitor Kulit pisang candi Jawa 500 mg/L
R_s (mΩ)	0.98351	1.4926
R_p (mΩ)	0.0928	0.28581
CPE (mMho)	0.013481	0.015935
CPE (N)	0.71313	0.50429



Dari gambar dan tabel diatas menunjukkan bahwa nilai tahanan polarisasi pada penambahan inhibitor kulit piasang candi lebih besar daripada tanpa penambahan, diketahui bahwa diameter kurva Nyquist dari penambahan inhibitor lebih besar daripada tanpa inhibitor, hal ini dikarenakan adanya transfer muatan pada surface logam. Sedangkan ion-ion yang berperan sebagai inhibitor korosi tersebut membentuk lapisan pasif untuk memproteksi permukaan logam, sehingga tahanan yang terbentuk akan semakin besar.

Tahanan polarisasi (R_p) menunjukkan ukuran transfer elektron pada permukaan logam, sedangkan R_s atau tahanan larutan berkaitan dengan jenis dan konsentrasi ion, serta luas permukaan arus. Nilai CPE (Q) berperan sebagai kapasitor yang ada di dalam rangkaian. Tahanan polarisasi berkaitan dengan transfer elektron. Semakin kecil tahanan polarisasi, maka semakin cepat transfer elektron yang terjadi, semakin cepat pula laju korosinya. Begitu juga sebaliknya, semakin besar hambatan polarisasinya, semakin lambat transfer elektron, dan laju korosi akan menurun. Tahanan polarisasi dari penambahan inhibitor meningkat karena adanya lapisan pelindung korosi yang terbentuk pada logam. Hal ini dibuktikan pada pengujian FTIR dengan adanya senyawa hidrofobik yang bergabung dengan ion Fe membentuk ikatan. hasil uji EIS dimana nilai tahanan polarisasinya pada saat penambahan inhibitor lebih besar daripada tanpa penambahan. Dapat disimpulkan bahwa penambahan inhibitor dapat menurunkan kecepatan perpindahan elektron karena tahanan polarisasi yang meningkat, sehingga laju korosi menurun.



4.8 Analisa Dana Pemrosesan

4.8.1 Metode Maserasi

Tabel 4.11 Analisa Dana Pemrosesan Metode Maserasi

Instrumen	Jumah	Harga (Rp)
Cawan plastik	1 buah	5.000
Spatula	1 buah	4.000
Kertas saring	1 buah	5.000
Total		14.000

4.8.2 Metode Reflux

Tabel 4.12 Analisa Dana Pemrosesan Metode Reflux

Instrumen	Jumah	Harga (Rp)
Labu leher 2	1 buah	389.000
Bulb kondensor	1 buah	300.000
<i>Magnetic stirrer</i>	1 buah	5.800.000
Pompa aquarium	1 buah	50.000
Panci aluminium	1 buah	9.000
Selang air \varnothing 0,5 mm	1 buah	2.500
Termometer	1 buah	10.000
Statif	1 set	63.000



Instrumen	Jumah	Harga (Rp)
Ember plastik	1 buah	10.000
Kertas saring	1 buah	5.000
Total		6.638.500

4.8.3 Metode Infudasi

Tabel 4.13 Analisa Dana Pemrosesan Metode Infudasi

Instrumen	Jumah	Harga (Rp)
<i>Beaker Glass</i>	1 buah	77.000
Spatula	1 buah	4.000
<i>Heater</i>	1buah	80.000
Kertas saring	1 buah	5.000
Total		166.000

Anggaran terkeci adalah proses maserasi, kemudian Infudasi dan terbesar adalah reflux.

4.9 Analisa Efisiensi Proses Ekstraksi Kulit Pisang Candi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap ekstrak kulit pisang candi sebagai inhibitor korosi diperoleh data seperti pada tabel 4.17 berikut



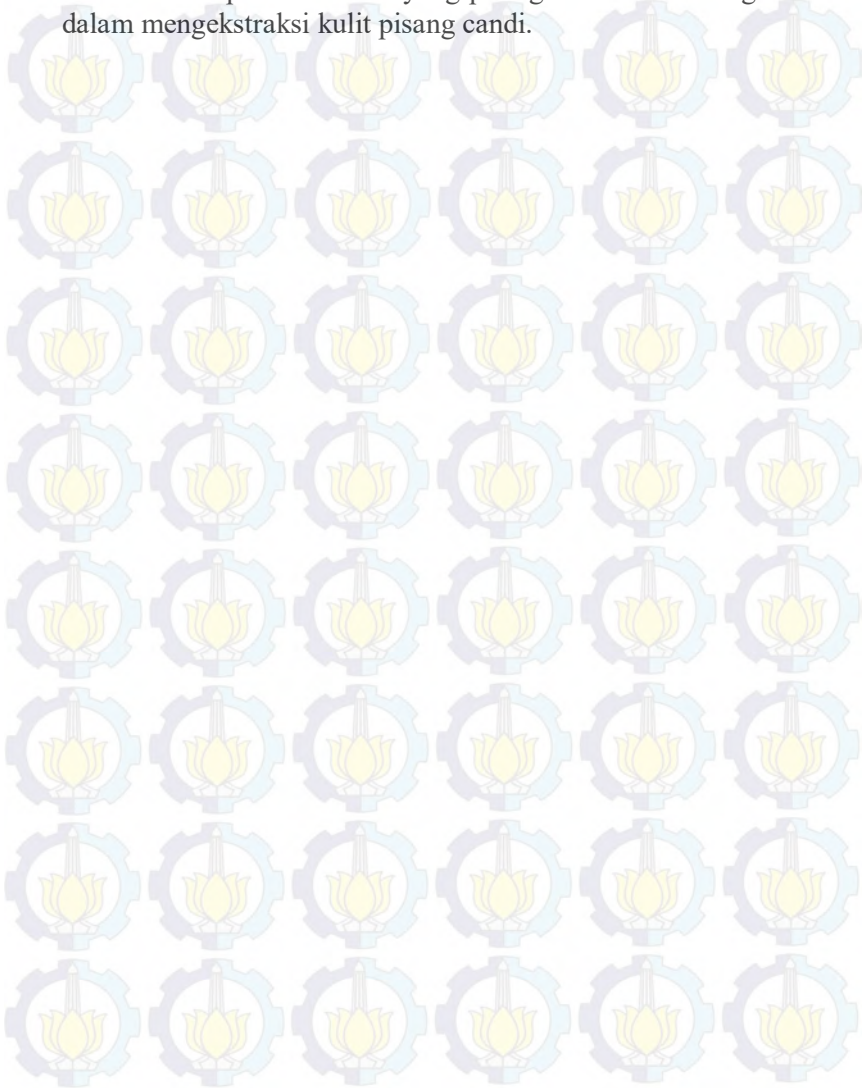
Tabel 4.15 Perbandingan Hasil Pengujian

	Maserasi	Reflux	Infudasi
Hasil Ekstraksi	14,37 gr	14,40 gr	14,28 gr
Uji Spektrofotometri (Kadar Tanin)	1,19 %	1,29 %	1,30 %
Uji FTIR	Tanin teradsorpsi	Tanin teradsorpsi	Tanin teradsorpsi
Uji <i>Weight Loss</i> (efisiensi inhibitor)	42,06 % (168 jam)	49,04 % (168 jam)	57,45 % (336 jam)
Langmuir	Fisisorpsi	Fisisorpsi	Fisisorpsi
Uji Polarisasi Potensiodinamic	84,87 %	91,71%	72,61 %
Dana pemrosesan	14.000	6.638.500	166.000

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa hasil ekstrak terbanyak diperoleh dengan metode Reflux namun selisih jumlahnya dengan metode lain tidak signifikan, masih berkisar 14 gr. Dari uji Spektrofotometri kadar tanin tertinggi diperoleh dengan metode Infudasi. Dari uji *Weight Loss* efisiensi tertinggi diperoleh dengan metode infudasi. Dari uji Polarisasi Potensiodinamic efisiensi tertinggi diperoleh dengan metode reflux. Dan biaya termurah adalah metode maserasi. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode reflux dan infudasi sama-sama unggul pada dua aspek pengujian namun jika ditinjau dari dana yang diperlukan metode infudasi memerlukan biaya



yang lebih rendah dibandingkan metode reflux, sehingga metode infudasi merupakan metode yang paling efisien untuk digunakan dalam mengekstraksi kulit pisang candi.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil ekstraksi dari setiap metode menghasilkan ekstrak sebanyak 14,37 gr metode maserasi, 14,40 gr metode reflux dan 14,28 gr metode infudasi. Durasi proses pengekstrakan selama 24 jam metode maserasi, 2 jam metode reflux dan infudasi. Biaya pengekstrakan Rp 14.000 metode maserasi, Rp6.638.500 metode reflux dan Rp 166.000 metode infudasi. Kandungan tanin dari setiap metode ekstraksi sebesar 1,19% metode maserasi, 1,29% metode reflux dan 1,30% metode infudasi.
2. Efisien tertinggi yang diperoleh dari pengujian *weight loss* dari setiap metode sebesar 42,06% metode maserasi, 49,04% metode reflux dan 57,45% metode infudasi. Sedang dari pengujian Polarisasi Potensiodinamik didapat efisiensi tertinggi dari setiap metode sebesar 84,87% metode maserasi, 91,71% metode reflux dan 72,61% metode infudasi. Diketahui dari pengujian FTIR bahwa kandungan antioksidan dari ekstrak kulit pisang canti teradsorpsi pada permukaan logam, dari perhitungan *Langmuir* diketahui bahwa mekanisme adsorpsi ekstrak kulit candi berupa fisisorpsi dan dari pengujian EIS diketahui bahwa ekstrak kulit pisang candi membentuk lapisan pasif yang memproteksi logam.
3. Ditinjau dari hasil pengujian yang telah dilakukan, metode yang paling efektif diterapkan dalam mengekstrak kulit pisang candi adalah metode infudasi dengan kandungan tanin dan efisien tertinggi. Serta waktu yang tidak lama yaitu 2 jam dan biaya yang tidak terlalu mahal, karena instrumen yang digunakan dapat diganti dengan instrumen konvensional.



5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka berikut adalah beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Saat pengujian Polarisasi Potensiodinamik dan EIS sebaiknya preparasi baja dilakukan dengan cara mengamplas untuk menghilangkan korosi dan cat pelapis, agar hasil yang didapatkan dapat lebih akurat.
2. Penerapan metode infudasi dalam proses produksi inhibitor sekala industri instrumen *heater* dapat diganti dengan alat pemanas lainnya seperti kompor gas konvensional dan sebaiknya instrumen wadah pemanas disertai penutup agar pelarut tidak menguap.

DAFTAR PUSTAKA

Anlhwange, B. A. 2008. *Chemical Composition of Musa sapientum (Banana) Peels*. Benue University, Nigeria.

API SPECIFICATION 5L. *Specification for Line Pipe, Forty-Third Edition*. 2004

ASM Handbook. 2005. *Corrosion Materials volume 13B*. USA: ASTM International.

ASTM Handbook. *Metals Handbook Volume 13B: Corrosion: Materials* (ASTM International, 2005)

Atiah, Nur Binti Azmi. 2010. *Extraction Of Antioxidant Activity, Phenolic Content And Minerals In Banana Peel*. University Malaysia Pahang.

Atun, Sri., Retno Arianingrum., Sri Handayani., Rudyansah., Mary Garson. 2007. *Identivication and Antioxsidant Activity Test of Some Compounds Methanol Extract Peel of Banana (Musa paradisicia Linn)*. Yogyakarta State University.

Baskar, Ramakrishnan., Selvaraj Shirisakthi., Babu Sathyapriya., Radhakrishnan Shyampriya., Radhakrishnan Nithya., Palanisamy Poongodi. *Antioxidant Potential Of Peel Extracts Of Banana Varieties (Musa Sapientum)*. Kumaraguru College of Technology, India.

Browning.B.L.1980. *Methides of Wood Chemistry Vol.I*. Interscience Publisher. New York.

Chandra, Fiki Maizal. 2015. *Pemanfaatan Buah Mahkota Dewa (Phaleria Macrocarpa) Sebagai Green Corrosion Inhibitor pada Baja API 5L Grade B Di Lingkungan 3,5% NaCl dan H₂SO₄ 1M*. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

- Dirjen POM, (2000), *Sediaan Galenik*, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Dita F. Alhabsyi., Edi Suryanto.,Defny S. Wewengkang. 2014. *Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya Pada Ekstrak Kulit Pisang Goroho (Musa acuminate L.)*. Program Studi Farmasi FMIPA. UNSTRAT Manado
- E.F, Olasehinde.,Adesina, A.S., Fehintola,E.O., Badmus, B.M. Aderibigbe, A.D. 2012.*Corrosion inhibition Behavior for Mild Steel by Extract of Musa sapientum Peels in HCl Solution : Kinetic and Thermodynamic Study*. Departement of Chemistry, Federal University of Tecnology, Akure, Nigeria.
- Fachry, A. Rasyidi., RM. Arief Sastrawan., Guntur Svingkoe. 2012. *Kondisi Optimal Proses Ekstraksi Tanin Dari Jambu Biji Menggunakan Pelarut Etanol*.Universitas Sriwijaya. Pekanbaru.
- Fardhyanti, Dewi Selvia. 2004. *Uji Efektivitas Natrium Fosfat Sebagai Inhibitor Pada Korosi Baja Tulangan Beton*. Artikel Ilmiah JKSA Volume VII, No. 2.
- Griffith, P. 1975. *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. New York : John Wiley & Sons.
- Gunaatmaja, Andhi. 2011. *Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan Nacl 3,5 %*. Fakultas Teknik Departemen Metalurgi Dan Material. UI Depok
- Gunavathy, N., S. C. Murugavel. 2012. *Corrosion Inhibition Studies of Mild Steel in Acid Medium Using Musa acuminata Fruit Peels Exsrtact*. Coimbatore, India.
- Harbone, J.B., 1987. *Metode Fitokimia Edisi Ke Dua*. ITB. Bandung

Ismail. A., M. A. Mohd Tajuddin. 2014. *Banana peel as Green Corrosion Inhibitor for Stainless Steel 304*. University Tun Hussein Onn , Johor, Malaysia

Jeffers, Kenneth. 1999. *Electrochemical Impedance Spectroscopy For The Characterization Of Corrosion And Cathodic Protection Of Buried Pipelines*. Thesis, University of Florida.

Jones, Denny A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. Toronto : Maxwell Macmillan Canada

Jones, Denny A. 1997. *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd ed. Siangapore: Prentice Hall International, Inc

Kurniawan, Julian K., Edi Suryanto., Adhithya Yudistira. 2013. *Analisis Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antioksidan Dari Getah Kulit Buah Pisang Goroho (Musa Acuminate (L.))*. FMIPA UNSTRAT Manado.

L. Salami., Wewe, T.O.Y., Akinyem, O.P., patinvoh, R.J. 2012. *A Study of The Corrosion Inhibitor of Mild Steel in Sulphuric Acid Using Musa sapientum Peels Extract*. Lagos State University, Nigeria.

Macdonald, J. Ross., Evgenji, Barsoukov. 2005. *Impedance Spectroscopy Theory, Experiment, And Applications*. John Wiley and Sons, Inc, United States of America.

N. O. Eddy., Ebenson. E. E., 2008. *Adsorption and inhibitive properties of ethanol extract of Musa sapientum peels as a green corrosion inhibitor for mild steel in H₂SO₄*. Lesotho, Southern Africa.

Nuramanah, Eva., Hayat Sholihin., Wiwi Siswaningsih. 2014. *Analisis Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antioksidan Dari Getah Kulit Buah Pisang Goroho (Musa Acuminate (L.))*. Universitas Pendidikan Bandung.

- Pane, Elfira Rosa. 2013. *Uji Aktivitas Senyawa Antioksidan dari Ekstrak Metanol Kulit Pisang Raja (Musa paradisiaca sapientum)*. IAIN Raden Fatah, Palembang.
- Pankaj. Gupta., Jain Gargi. 2014. *Corrosion Inhibitor By Aloe Barbadensis (Aloe Vera) Extract As Green Inhibitor For Mild Steel In HNO₃*. Department Of Chemistry, Sunrise University Alwar India
- Papavinasam. 2003. "*Corrosion Inhibitors*". New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved
- Rahim, Afidah A., Jain Kassim. 2008. *Recent Development of Vegetal Tannins in Corrosion Protection of Iron and Steel*. University Sains Malaysia.
- Roberge, P.R., (2000), *Handbook of Corrosion Engineering*, New York: Mc Graw Hill
- Ryanata, Ebry. 2014. *Penentuan Jenis Tanin dan Penetapan Kadar Tanin Dari Kulit Buah Pisang Masak (Musa paradisiaca L.) secara Spektrofotometri dan Permanganometri*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol.4 No. 1
- Sandy, Sheby Sara. 2014. *Pengaruh Penambahan Ekstrak Ampas Anggur (Vitis vinifera) Dan Daun Kumis Kucing (Orthosiphon stamineus) Sebagai Green Corrosion Inhibitor Pada Baja API 5l Grade B Di Lingkungan 3,5% NaCl*. Skripsi, Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya.
- Sangeetha, M., S. Rajendran., J. Sathiyabama and P. Prabhakar. 2012. *Eco friendly extract of Banana peels as corrosion for carbon steel in sea water*. Tamil Nadu, India
- Sidiq, M. Fajar. 2013. *Analisa Korosi dan Pengendaliannya*. Akademi Perikanan Baruna Slawi. Journal Foundry vol. 3 No. 1 ISSN: 2087-2259

Soni, M., K. Patidar, D. Jain, dan S. Jain. 2010. Ultrasound Assisted Extraction (UAE): A Novel Extraction Technique for Extraction of Nutraceuticals from Plants. *Journal of Pharmacy Research* 3 (3) : 636–638.

Sulistijono. 2000. *Diktat Korosi dan Analisa Kegagalan*.

Surabaya: ITS

Surya, Indra, D., (2004), “*Kimia Dari Inhibitor Korosi*”, UNSUD, Sumatra Utara

Suryanto, Edy., Lidya Irma Momuat., Mercy Taroreh., Frenly Wehantou. 2011. *Potensi Senyawa Polifenol Antioksidan Dari Pisang Goroho (Musa Sapien Sp.)*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Tahid. 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier No II th VIII*. Bandung : Warta Kimia Analitis.

Trethewey, K.R. dan J. Chamberlain. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

Widiastuti et. al. 2013. *Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Durian (Durio zibethinus murr) Varietas Petruk*. PMIPA FKIP UNS, Surakarta.

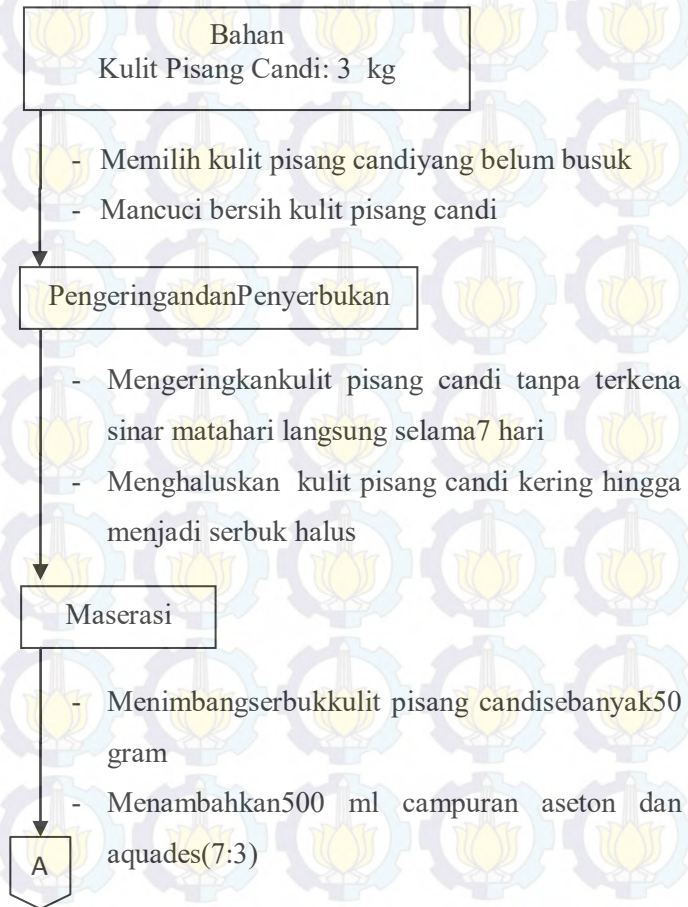
Wirman, Adia Putra et al. 2010. *Sintesis Eter Metil Histidin Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon Dalam Larutan NaCl 1 %*. Institut Teknologi Bandung, Bandung

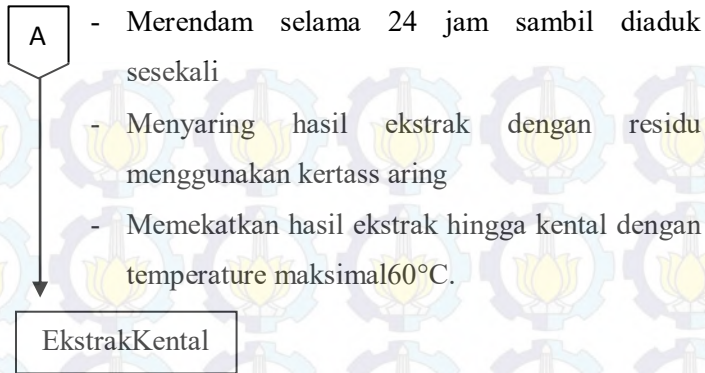
Yatiman P. 2009. *Penggunaan Inhibitor Organik Untuk pengendalian Korosi Logam dan Paduan Logam*. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA. Universitas Negeri Yogyakarta

LAMPIRAN A

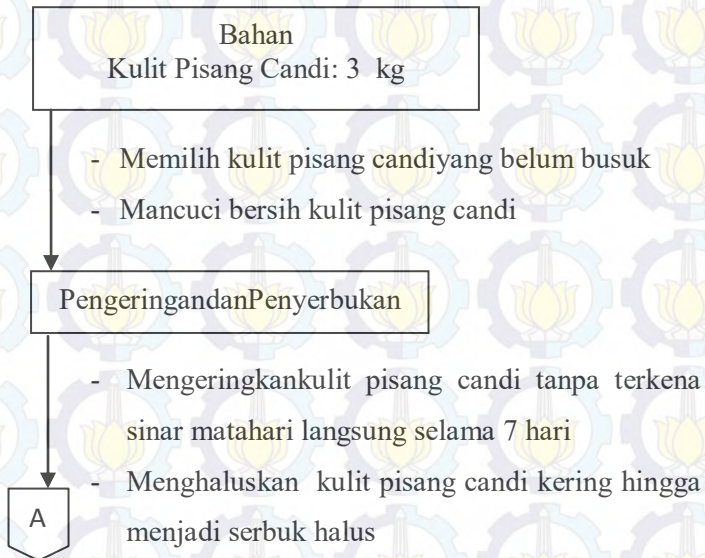
Skema Kerja

1. Pembuatan Ekstrak Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Maserasi





2. Pembuatan Ekstrak Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Refluks



Refluks

- Menimbangserbukkulit pisang candisebanyak50 gram
- Menambahkan500 ml campuran aseton dan aquades(7:3)
- Memanaskandengan alat reflux temperatur 55-60 °C selama 2 jam.
- Menyaringhasil ekstrakdenganresidumenggunakan kerkassaring.
- Memekatkan hasil ekstrak hingga kental dengan temperature maksimal 60°C.

EkstrakKental

3. PembuatanEkstrak Inhibitor Kulit Pisang Candi Metode Infudasi

Bahan
Kulit Pisang Candi: 3 kg

- Memilih kulit pisang candiyang belum busuk
- Mancuci bersih kulit pisang candi

A

Pengeringan dan Penyerbukan

- Mengeringkan kulit pisang candi tanpa terkena sinar matahari langsung selama 7 hari
- Menghaluskan kulit pisang candi kering hingga menjadi serbuk halus

Refluks

- Menimbang serbuk kulit pisang candi sebanyak 50 gram
- Menambahkan 500 ml campuran aseton dan aquades (7:3)
- Memanaskan dengan magnetic stirer temperatur 55-60 °C selama 2 jam.
- Menyaring hasil ekstrak dengan residu menggunakan anker tassarang.
- Memekatkan hasil ekstrak hingga kental dengan temperature maksimal 60°C.

Ekstrak Kental

4. PembuatanCoupon

Baja API 5L Grade B

- Memotong dengan ukuran 20 mm x 20 mm x 3 mm
- Grinding permukaan specimen dari grade 80 hingga 1000
- Memborsisasi specimen dengan diameter 3 mm

Coupon

5. Pembuatan Larutan NaCl 3,5%

Padatan NaCl

- Menimbang sebanyak 35,24 gram
- Memasukkan dalam labu ukur 1000 ml dan diencerkan hingga tanda batas menggunakan aquades

Larutan NaCl 3,5%

6. Prosedur Uji Tafel Polarisation

Spesimen dan Larutan Elektrolit

- Memasang kabel monitor, CPU, Nova 1.7
- Menyalakan CPU, monitor, Nova 1.7
- Memasang elektroda (elektrode kerja, elektroda bantu, electrode acuan) pada rangkaian potensiostat yang dicelupkan kedalam larutan
- Memasang kabel pada tiap elektrode

Menjalankan program Nova 1.7

- Menyalakan program Nova 1.7
- Memilih program Polarisation Linear sebagai program yang diinginkan
- Memasukkan parameter parameter pengujian yang diperlukan, seperti densitas, range pengujian dan lain lain.
- Melakukan pengujian dengan mengklik *run*
- Didapatkan kurva polarisation
- Melakukan fitting pada kurva polarisation untuk menentukan nilai E_{corr} , I_{corr} , Laju korosi, Beta katodik, dan beta anodik

Diperoleh data korosi yang diperlukan

7. Prosedur Uji EIS

Spesimen dan Larutan Elektrolit

- Memasang kabel monitor, CPU, Nova 1.7
- Menyalakan CPU, monitor, Nova 1.7
- Memasang elektroda (elektrode kerja, elektrode bantu, elektrode acuan) pada rangkaian potensiostat yang dicelupkan ke dalam larutan
- Memasang kabel pada tiap elektrode

Menjalankan program Nova 1.7

- Menyalakan program Nova 1.7
- Memilih program EIS sebagai program yang diinginkan
- Memilih *setup view* lalu pilih *measurement impedance* untuk mengisi parameter pada EIS
- Memulai program Nova 1.7 dengan mengklik *start measurement*
- Setelah selesai klik *analysis view*, maka akan muncul grafik EIS
- Pilih Nyquist plot

A

- Klik kanan FRA Measurement Galvanostatis, klik *add analysis*, lalu klik *Electrochemical Circle Fit*

A

- Fitting di tiga titik tertentu, sehingga muncul kurva fitting. Klik kanan *Electrochemical Circle Fit*, Klik *Copy As Equivalent Circuit*.
- Klik kanan FRA Measurement Galvanostatic, klik *add analysis*, lalu klik *Fit and Simulation*, Klik edit, pada *blank page* klik kanan *Paste* maka akan didapatkan ekuivalen sirkuit dan parameter elektrokimia dari analisis *Electrochemical Circle Fit*
- Klik *Fit and Simulation*, lalu klik edit, dan masukkan parameter parameter elektrokimia secara manual, lalu klik *Ok*. Sehingga didapatkan ekuivalen sirkuit dan parameter elektrokimia dari analisis *Fit and Simulation*.

Equivalent circuit dan Parameter elektrokimia

LAMPIRAN B

Pembuatan Larutan NaCl 3,5%

Diketahui : massapelarut = 1000 mL

Ditanya : massaNaCl yang dilarutkan ?

Jawab :

$$\begin{aligned}\rho_{campuran} &= \rho_{air} + \rho_{NaCl} \\ &= (0.965 \text{ g/mL} \times 96.5\%) + (2.165 \text{ g/mL} \times 3.5\%) \end{aligned}$$

$$\rho = 1.007 \text{ g/mL}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \times V$$

$$m = 1.007 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL}$$

$$m = 1007 \text{ gram}$$

sehinggamassaNaCl yang dilarutkanadalah

$$\frac{3.5}{100} \times 1007 \text{ gr} = 35.24 \text{ gram}$$

Perhitungan konsentrasi Inhibitor

Diketahui : Konsentrasi inhibitor = 2000 ppm

$$= 2000 \text{ mg/l}$$

$$\rho \text{ larutan} = 1,007 \text{ g/ml}$$

Volume elektrolit = 500 ml

Ditanya : Massa inhibitor yang ditambahkan dalam pelarut ?

Jawab :

$$\frac{X \text{ mg}}{500000 \times 1,007} \times 1000000 = 2000$$

$$X = 1007,049 \text{ mg}$$

$$X = 1,007 \text{ gram}$$

LAMPIRAN C

1. Hasil Pengujian Spektrometer



barata indonesia PT. PERSERO

UNIT FOUNDRY GRESIK

Chemical Results

Sample No : API 5L Grade B

Customer :

ITS

Furnace : NA

Name of Equipment :

NA

Heat No : NA

Order No :

NA

Lab. No : 28102015/00

Material :

Spektralanalyzer Foundry-MASTER

Grade :

Fe 99,1
Ave 99,1

C 0,116
0,116

Si 0,222
0,222

Mn 0,378
0,378

P 0,0289
0,0289

S 0,0076
0,0076

Cr 0,0331
0,0331

Mo 0,0027
0,0027

Ni 0,0073
0,0073

Al 0,0023
Ave 0,0023

Co 0,0048
0,0048

Cu 0,0092
0,0092

Nb < 0,0010
< 0,0010

Ti 0,1010
< 0,1010

V 0,0010
< 0,0010

W 0,0182
0,0182

Pb < 0,0025
< 0,0025

Sn 0,0013
0,0013

B < 0,0003
Ave < 0,0003

Ca 0,0006
0,0006

Zr < 0,0015
< 0,0015

Bi 0,0140
0,0140

As 0,0028
0,0028

N 0,0296
0,0296

Sb < 0,0030
< 0,0030

Town
Gresik

Date
28/10/2015

Tester
M. Vidi Susanto

QC. Manager
Beny Andika ST

Jl. VETERAN No. 241 GRESIK 61125
Telp. (031) 3990555 Fax. (031) 3990666
Web: www.barata.co.id e-mail: info@barata.co.id

barata indonesia
PT. (PERSERO)

2. Hasil Pengujian Spektrofotometri

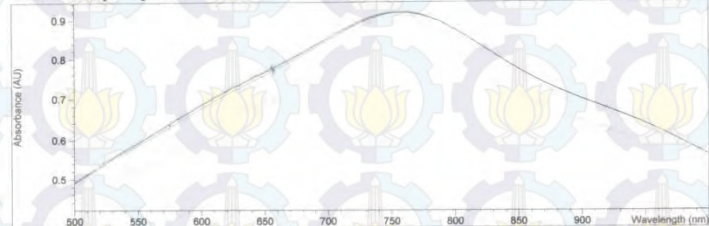
Quantification Report

Date 12/15/2015 Time 10:31:33 Page 1 of 1

Method file : <untitled>
Information : Default Method

Data File : D:\DATA ANALISIS\TANIN 12-166-168.STD Created : 12/15/15 9:56:58

Overlaid Sample Spectra



Analyte name : Concentration
Calibration equation: Conc. = 35.47800 * Abs

Calibrated at : Date 12/15/2015 Time 10:26:01 AM

Operator: Yunita

#	Name	Dilut. Factor	Concentration	Abs<760nm>
1	Tanin 12-166a	1.00000	32.55500	0.91763
2	Tanin 12-166b	1.00000	32.67000	0.92085
3	Tanin 12-167a	1.00000	29.75000	0.83856
4	Tanin 12-167b	1.00000	29.83900	0.84108
5	Tanin 12-168a	1.00000	32.51600	0.91651
6	Tanin 12-168b	1.00000	32.66600	0.92076

Report generated by : Yunita

Signature: *Yunita*

*** End Quantification Report ***

3. Hasil Pengujian Weight Loss

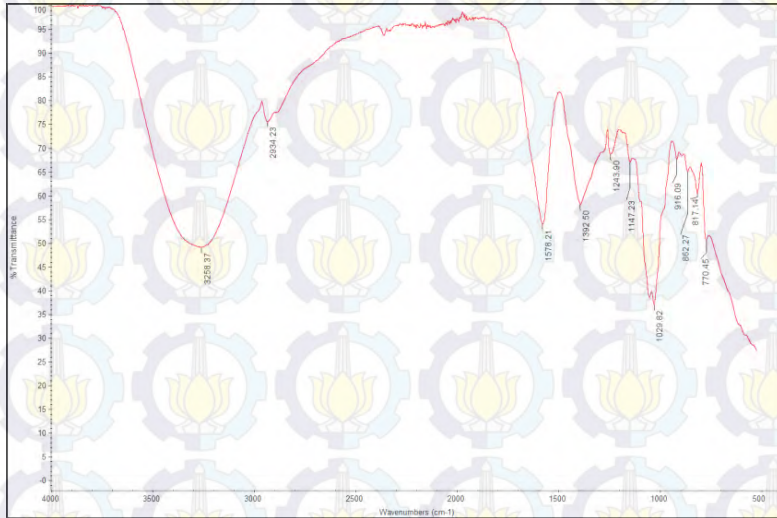
168 Jam				
METODE EKSTRAKSI (500 mg/L)	LAJU KOROSI (Mpy)		RATA- RATA (Mpy)	EFISIENSI (%)
TANPA INHIBITOR	1	6,61270	5,61027	0
	2	5,52270		
	3	4,69541		
MASERASI	1	3,63864	3,25035	42,06424927
	2	2,84240		
	3	3,27002		
REFLUX	1	3,00842	2,85850	49,04882099
	2	2,82530		
	3	2,74178		
INFUDASI	1	2,85824	2,82261	49,68860211
	2	3,21396		
	3	2,39562		

336 Jam				
METODE EKSTRAKSI (500 mg/L)	LAJU KOROSI (Mpy)		RATA- RATA (Mpy)	EFISIENSI (%)
TANPA INHIBITOR	1	5,70157	4,98548	0
	2	4,69122		
	3	4,56365		
MASERASI	1	3,69391	4,13539	17,0513043
	2	2,23451		
	3	6,47775		
REFLUX	1	12,4149	3,70564	25,67129834
	2	11,2036		
	3	12,0382		
INFUDASI	1	2,35968	2,12108	57,45485124
	2	2,37166		
	3	1,63189		

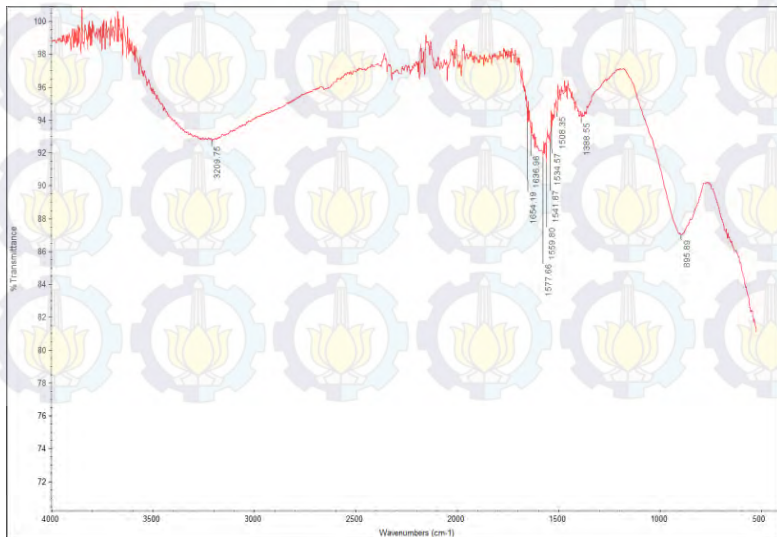
504 jam				
METODE EKSTRAKSI (500 mg/L)	LAJU KOROSI (Mpy)		RATA- RATA (Mpy)	EFISIENSI (%)
TANPA INHIBITOR	1	4,78694	4,92862	0
	2	4,84835		
	3	5,15058		
MASERASI	1	3,43372	3,33113	32,41265933
	2	3,88914		
	3	2,67051		
REFLUX	1	2,65794	2,71053	45,00426029
	2	2,94988		
	3	2,52378		
INFUDASI	1	3,95890	2,95685	40,00657548
	2	3,59217		
	3	1,31948		

4. Hasil Pengujian FTIR

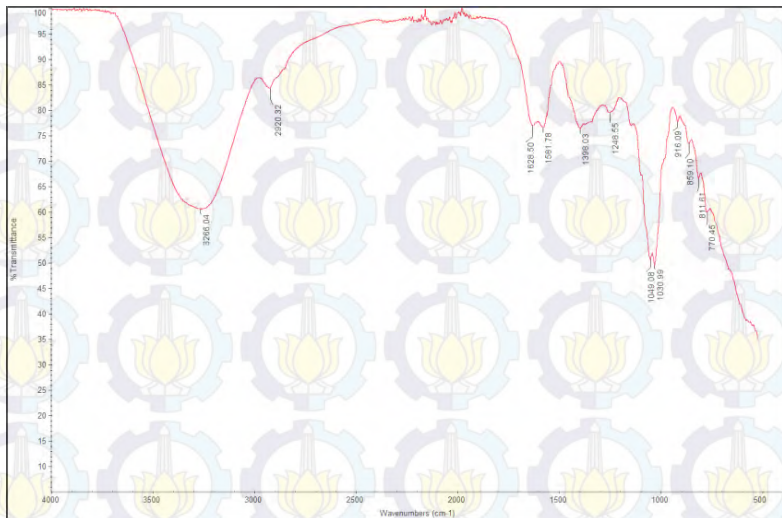
a. Ekstrak Maserasi



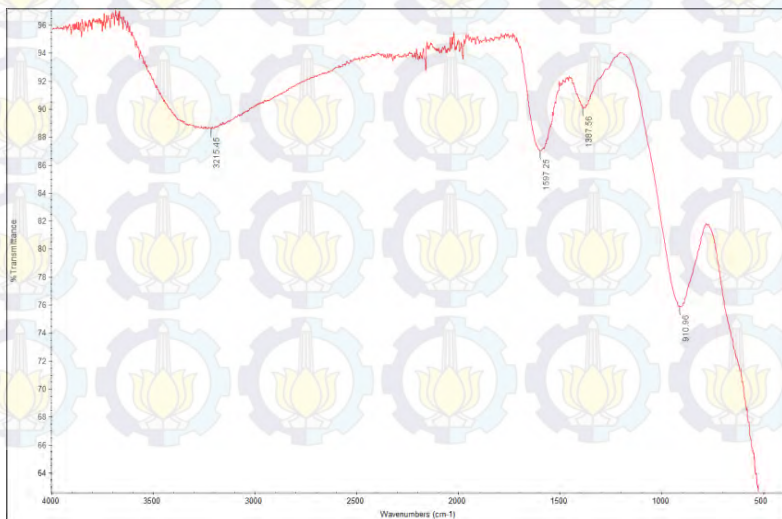
Spesimen Uji setelah perendaman



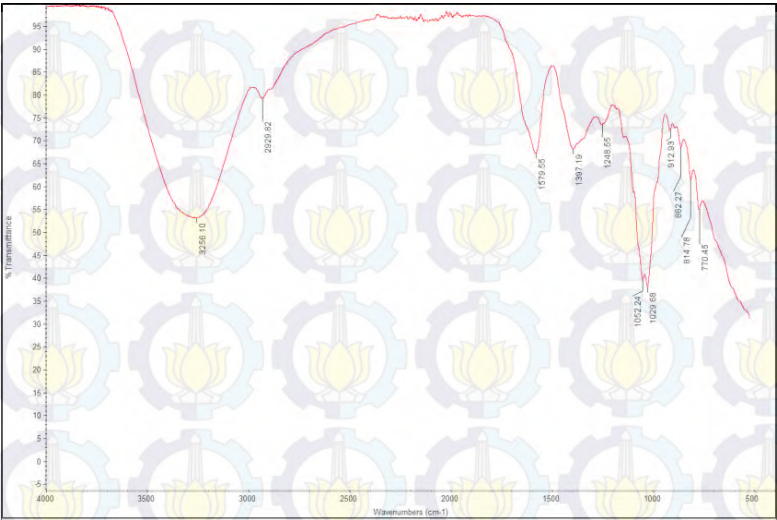
b. Ekstrak Refluks



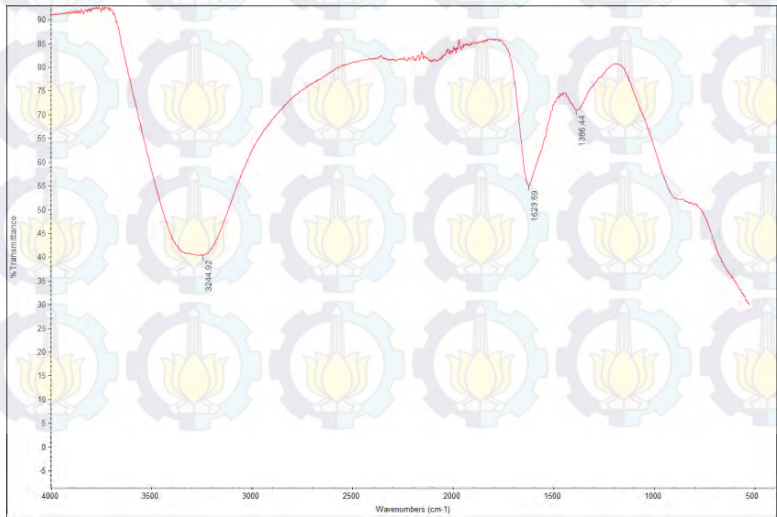
Spesimen Uji setelah perendaman



C. Ekstrak Infudasi



Spesimen uji setelah perendaman

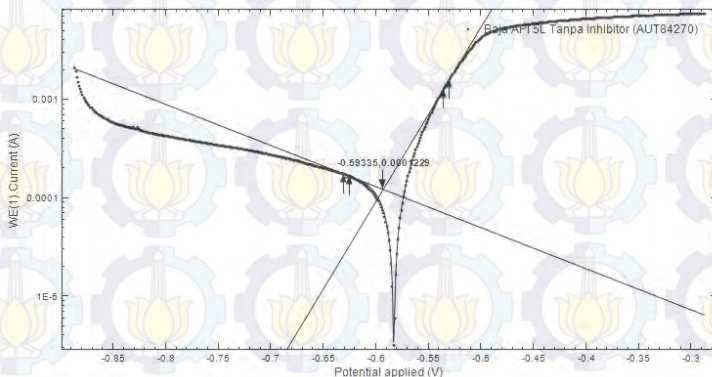


5. Hasil Pengujian Polarisasi

• Hasil Analisa Polarisasi Linier – Potensiostat Autolab (PGSTAT302N)

Nama Sample : API 5L Grade B non inhibitor

Larutan elektrolit : NaCl 3,5%



Baja API 5L Tanpa Inhibitor

... ba (V/dec) = -169.090 mV/dec
 ... bc (V/dec) = 76.7540 mV/dec
 ... E_{corr, Calc} (V) = -593.350 mV
 ... E_{corr, Obs} (V) = -583.280 mV
 ... j_{corr} (A/cm²) = 109.860 µA/cm²
 ... i_{corr} (A) = 571.270 µA
 ... Corrosion rate (mm/year) = 1.2766
 ... Polarization resistance (Ω) = 106.860 Ω
 ... E Begin (V) = -630.650 mV
 ... E End (V) = -530.240 mV
 ... x² = 2.519E-9
 ... Iterations = 9

Density (g/cm³) 7.853

Equivalent weight (g/mol) 27.925

Surface area (cm²) 5.2

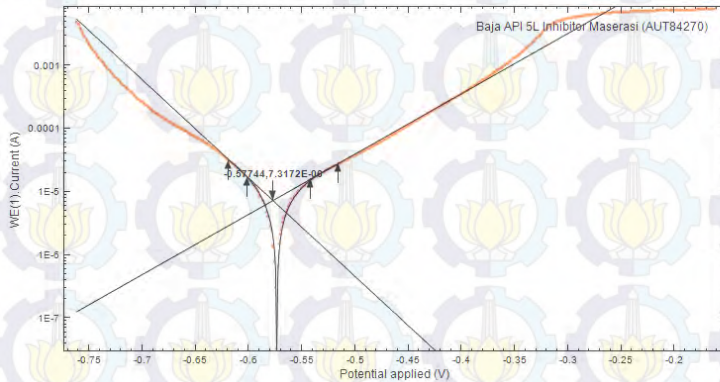
Number of significant digits 5

Reset

- **Hasil Analisa Polarisasi Linier – Potensiostat Autolab (PGSTAT302N)**

Nama Sample : API 5L Grade B Maserasi

Larutanelektrolit : NaCl 3,5%



Baja API 5L Inhibitor Maserasi

- b_a (V/dec) = 113.650 mV/dec
- b_c (V/dec) = 194.780 mV/dec
- $E_{corr, Calc}$ (V) = -577.440 mV
- $E_{corr, Obs}$ (V) = -573.830 mV
- j_{corr} (A/cm²) = 16.6180 μ A/cm²
- i_{corr} (A) = 16.6180 μ A
- Corrosion rate (mm/year) = 0.1931
- Polarization resistance (Ω) = 1.87570
- E_{Begin} (V) = -618.740 mV
- E_{End} (V) = -516.200 mV
- χ^2 = 1.0248E-11
- Iterations = 7

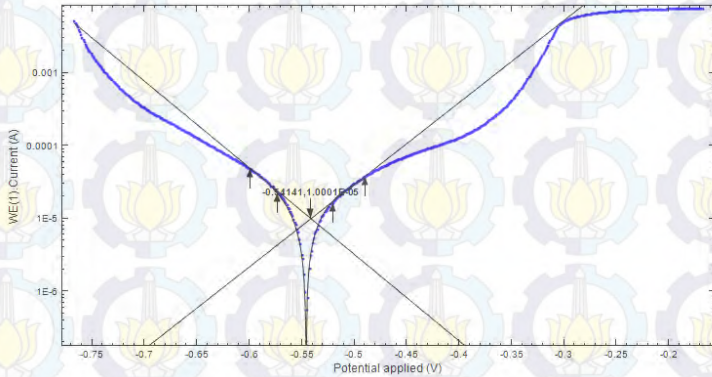
Density (g/cm ³)	7.853
Equivalent weight (g/mol)	27.925
Surface area (cm ²)	5.2
Number of significant digits	5

Reset

- **Hasil Analisa Polarisasi Linier – Potensiostat Autolab (PGSTAT302N)**

Nama Sample : API 5L Grade B Refluks

Larutanelektrolit : NaCl 3,5%



Baja API 5L Metode Reflux

ba (V/dec) = 205.750 mV/dec

bc (V/dec) = 521.870 mV/dec

E_{corr, Calc} (V) = -541.410 mV

E_{corr, Obs} (V) = -546.140 mV

j_{corr} (A/cm²) = 9.10460 μ A/cm²

i_{corr} (A) = 47.3440 μ A

Corrosion rate (mm/year) = 0.1058

Polarization resistance (Ω) = 1.35370 k Ω

E Begin (V) = -599.370 mV

E End (V) = -489.350 mV

χ^2 = 6.5354E-11

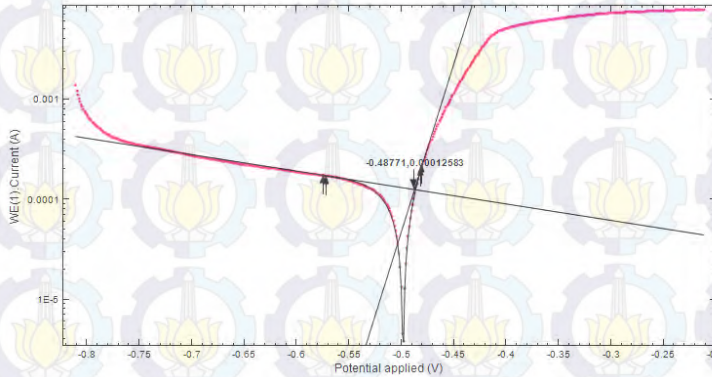
Iterations = 9

Density (g/cm ³)	7.853
Equivalent weight (g/mol)	27.925
Surface area (cm ²)	5.2
Number of significant digits	5
<input type="button" value="Reset"/>	

- **Hasil Analisa Polarisasi Linier – Potensiostat Autolab (PGSTAT302N)**

Nama Sample : API 5L Grade B Infudasi

Larutanelektrolit : NaCl 3,5%



- **Baja API 5L Metode Infudasi**

ba (V/dec) = 1.43070 V/dec
 bc (V/dec) = 47.7970 mV/dec
 Ecorr, Calc (V) = -487.710 mV
 Ecorr, Obs (V) = -498.680 mV
 jcorr (A/cm²) = 30.0900 μ A/cm²
 icorr (A) = 156.470 μ A
 Corrosion rate (mm/year) = 0.34965
 Polarization resistance (Ω) = 128.380 Ω
 E Begin (V) = -574.040 mV
 E End (V) = -480.040 mV
 x² = 3.8867E-10
 Iterations = 9

Density (g/cm ³)	7.853
Equivalent weight (g/mol)	27.925
Surface area (cm ²)	5.2
Number of significant digits	5

Reset

BIODATA PENULIS



Eka Amilia Rahmawati adalah penulis dari Laporan Tugas Akhir ini. Penulis lahir di Ponorogo 1 Mei 1994, dari orangtua Alm Amijoyo Nolohadi dan Ekapti Wahjuni Dj sebagai anak tunggal. Penulis menempuh pendidikan di TK BA Aisiyah Mangkujayan Ponorogo (*lulus tahun 2000*), SDN 1 Mangkujayan Ponorogo (*lulus tahun 2006*), SMPN 1 Ponorogo (*lulus tahun 2009*), SMAN 1 Ponorogo (*lulus tahun 2012*), dan hingga sekarang sedang menempuh masakuliah di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama masa kuliah penulis pernah mengikuti Program Kreatifitas Mahasiswa bidang Kewirausahaan hingga didanaioleh DIKTI. Penulis melakukan kerja praktek di PT Geteka Founindo yang berada di Jakarta Timur. Penulis mengambil tugas akhir dalam bidang korosi dan kegagalan material mengenai *green inhibitor corrotion* pada Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis memiliki email dan nomor handphone yang dapat dihubungi yaitu ekaamiliar@gmail.com // 082245916755